DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Dreizehnter Jahrgang | 2. Oktober 1925 | Heft 40

Neue Wege der Energiewirtschaft[1]).

Von St. Löffler, Berlin.

Heutige Ausnutzung der Brennstoffenergie — Beispiele aus dem Berg- und Hüttenwesen, der chemischen Industrie, dem Kraftfahrzeugbetriebe — Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch Raschlauf, hohes Druck- und Temperaturgefälle — Beherrschung des Wärmezustandes, besonders durch die Kühlung — Reinheit der Wandungen, Verhütung des Wärmestaus — Dieselmaschinen für Lastfahrzeuge — Elektrische und mechanische Kraftübertragung bei Kraftwagen — Die Gas- und Ölturbine — Die Hochdruckdampfturbine — Hochdruckdampfkessel — Anwendung hohen Drucks und hoher Temperatur in der chemischen Industrie, Veredlung der Brennstoffe, Verflüssigung der Kohle — Grundlagen der modernen Hochdruckkonstruktionen — Überwachung des Hochdruckbetriebes — Anforderungen der Hochdrucktechnik an die Ingenieurausbildung.

Energiewirtschaft ist ein sehr vielseitiger Begriff, der eigentlich alles umfaßt, womit Technik und Industrie zu tun haben, und es ist unmöglich, ihre Anwendung auf alle Formen der Energie in einem Vortrag[2]) ausführlich zu behandeln. Von den verschiedenen Energiequellen ist heute die Brennstoffenergie die wichtigste. Neben ihr spielt die Ausnutzung der Wasser- und der Luftenergie, selbst in Ländern , wo Brennstoff in der Form von Kohle oder Öl nicht unmittelbar zur Verfügung steht, nur eine untergeordnete Rolle. Ich will mich daher in meinen Betrachtungen auf die Energie der Brennstoffe beschränken, die in Dampf- und Verbrennungsmaschinen zur Umwandlung in Bewegungs- und Formänderungsarbeit und in elektrische Energie auf allen Gebieten der Technik in umfangreichster Weise ausgenutzt wird.

Die Energiewirtschaft wird im allgemeinen nach dem Grade der Wärmeausnutzung des Brennstoffs beurteilt. Vielfach legt man dabei als Maßstab nur die Wärmeausnutzung in der Wärmekraftmaschine zugrunde und beurteilt die *gesamte* Energiewirtschaft nach dem *in der Wärmekraftmaschine* erreichten Brennstoffwirkungsgrade. Hiernach ist die Güte der Wärmeausnutzung im allgemeinen sehr bescheiden. Im Mittel setzen wir in unsern Wärmekraftmaschinen nur etwa 10 bis 30% der Brennstoffenergie in Nutzarbeit um; ja manchmal ist es noch wesentlich weniger wie im Lokomotivbetriebe, wo im Mittel nur 5% der Brennstoffenergie in Zugarbeit umgewandelt werden. Die vollkommensten Wärmekraftmaschinen sind heute die Dieselmaschinen, in denen wir im Mittel 35% Wärmeausnutzung erreichen.

Diese Zahlen gelten allerdings ohne Ausnutzung der Abwärme, die beispielsweise bei Verbrennungsmaschinen noch in den Abgasen oder im Kühlwasser enthalten ist. In neuerer Zeit ist man bestrebt, die Abwärme nach Möglichkeit auszunutzen, doch ist dies in wirtschaftlicher Weise nur bei großen Anlagen möglich, da im allgemeinen nur geringe Temperaturgefälle zur Verfügung stehen, welche große Wärmeaustauschflächen und damit teure Abwärmeanlagen erfordern.

Die Beurteilung der Energiewirtschaft nach dem Brennstoffwirkungsgrade der Wärmekraftmaschinen ist aber unzureichend und einseitig, denn meistens ist die Brennstoffausnutzung in der Maschine nicht allein entscheidend für die Wirtschaftlichkeit, vielmehr sind dafür oft Nebenumstände, wie Verluste in den Leitungen, Schwierigkeiten der Brennstoffbeschaffung, Arbeiterverhältnisse, Betriebsstörungen, Umfang, Kosten und Reparaturbedürfnis der Anlage von viel größerer Bedeutung.

Es ist bekannt, daß die Druck- und Wärmeverluste in den Rohrleitungen vom Kessel zur Dampfmaschine oft ein Vielfaches der zum Betrieb der Dampfmaschine erforderlichen Wärmeenergie verschlingen, daß in den weitverzweigten Druckluftleitungen von Bergwerken die Druckverluste einen sehr großen Teil der gesamten in der Luft zugeführten Energie ausmachen.

Jeder Automobilbesitzer weiß, daß die Kosten der Automobilhaltung oft zum geringsten Teil von der Güte der Automobilmaschinen oder vom Brennstoffverbrauch abhängig sind. Von viel größerer Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit des Automobilbetriebs sind die Reifen- und Reparaturkosten, und noch viel wichtiger kann der Umstand werden, ob der Kraftwagen von einem guten oder einem schlechten Führer bedient wird. Unachtsames Fahren, unnützes Umschalten und Bremsen, stoßweises Überfahren von Hindernissen usw. kann die Wirtschaftlichkeit des Automobilbetriebs außerordentlich schädigen.

Wer in Hüttenwerken die zahlreichen Öfen, die Dampfhämmer, Walzvorrichtungen usw. beobachtet hat, der weiß, welche Energiemengen durch Mängel und Undichtheiten an den Öfen, an Dampfzylindern, durch schlechte Isolierung und durch falsche Bedienung vergeudet werden. Dies hat z. B. dazu geführt, daß an Stelle von Dampf für den oft unterbrochenen Betrieb von Hämmern und Pressen Druckluft verwendet wird, die erst in elektrisch betriebenen Kompressoren erzeugt und dann unter Umständen vorgewärmt werden muß, damit man sie wirksam verwenden kann.

Die große Wärmeverschwendung, die bei vielen Öfen durch mangelhafte Ausführung, unzweck-

[1]) Genehmigter (etwas gekürzter) Abdruck aus dem Heft „Hochdruck-Dampf" des Vereins Deutscher Ingenieure.

[2]) Januar 1924.

mäßige Wartung und überflüssige Erhitzung verursacht wird, hat in neuerer Zeit dazu geführt, elektrische Heizvorrichtungen für Schmiedestücke auszubilden (elektrische Essen, elektrische Nietenwärmer usw.), die trotz hoher Stromkosten einen wirtschaftlichen und sehr bequemen Betrieb ergeben.

Ähnlich liegen die Verhältnisse in der chemischen Industrie, wo heute vielfach noch mit den primitivsten Vorrichtungen große Werte geschaffen werden und eine Wärmeverschwendung getrieben wird, die geradezu unbegreiflich erscheint. Es herrscht in vielen Betrieben ein stark konservativer Geist, der keine Änderung der Anlagen zuläßt, z. B. deshalb, weil die Arbeiter auf bestimmte Maschinen- und Apparateformen eingearbeitet sind und von Verbesserungen nichts wissen wollen. Ein besonders kennzeichnender Fall der gleichen Art liegt im Schiffsbetriebe vor, wo jede Veränderung der Betriebsweise auf größte Schwierigkeiten bei den Reedern stößt. Hier sind der Matrose, der einfache Maschinist die Maßgebenden, die allerdings auf weitem Meer mit Leib und Leben von der Zuverlässigkeit der Maschinen und Vorrichtungen abhängen.

Vielfach ist das wichtigste: es muß gearbeitet und geschafft werden. Beispielsweise muß eine bestimmte Zahl von Tonnen Kohle täglich im Bergwerk gefördert oder von Tonnen Eisen im Hüttenwerk erzeugt werden. Die Kosten spielten bis in die jüngste Zeit hinein nicht die ausschlaggebende Rolle, und besonders im Kriege war nur die Produktion maßgebend, nicht der Aufwand dafür, denn jeder Preis wurde gezahlt, wenn nur rechtzeitig und ordnungsgemäß geliefert wurde.

Eine derartige Energiewirtschaft können wir uns aber in der Zukunft nicht mehr leisten. Wir müssen sparsam wirtschaften und dürfen Naturschätze, wie Kohle, Öle und andere Brennstoffe, nicht nutzlos vergeuden, sondern wir müssen alles aufbieten, um mit den geringsten Kosten den größten Nutzen zu erzielen. Für jede Maschine ist der günstigste Betriebsstoff zu suchen und die Wirtschaftlichkeit des Betriebs durch Ausnutzung auch der kleinsten Vorteile zu steigern.

Seit jeher herrscht zwischen den verschiedenen Energieformen in der Technik ein heftiger Kampf um die Herrschaft: zwischen Dampf und elektrischer Energie, zwischen Verbrennungs- und Dampfmaschinen, zwischen Kolbenmaschinen und umlaufenden Maschinen, ohne daß bis heute eine Entscheidung über die günstigste Energieform gefallen wäre. So hat man schon oft der alten Kolbendampfmaschine den Tod prophezeit zugunsten der modernen Dampfturbine, oder der Kolbenpumpe zugunsten der Schleuderpumpe, aber beide sind heute noch am Leben. Das hängt damit zusammen, daß die Eignung einer bestimmten Maschinenart von vielerlei Einflüssen abhängt, daß die Verwendungsmöglichkeiten sehr verschieden sind und *jede* Maschinengattung auf bestimmtem Gebiete günstigste Ergebnisse zeitigen kann. Für die Wahl einer Maschine ist außer der Energieform eine ganze Reihe von Einflüssen, wie Betriebssicherheit, Einfachheit der Bedienung, Raum- und Gewichtsbeanspruchung, Reparaturbedürftigkeit, Anschaffungspreis und vieles andere, bestimmend.

Die neuzeitlichen Bestrebungen gehen dahin, die Wirtschaftlichkeit der Energieausnutzung durch Erhöhung der Betriebsgeschwindigkeit, durch Ausnutzung hoher Druck- und Temperaturgefälle und durch Vereinfachung des Betriebs zu verbessern. Schnellauf im Maschinenbetrieb ermöglicht kleine Abmessungen und geringe Gewichte, kleine abkühlende Oberflächen, kleine bewegte Massen, die trotz höherer Geschwindigkeit in der Regel geringere Bewegungsverluste ergeben als langsam bewegte große Massen. Mit den Durchmessern der Räder schnell umlaufender Maschinen werden auch die Radreibungswiderstände weitgehend verringert.

Die Vorteile des Raschlaufs treten besonders deutlich bei den Pumpen und Kompressoren für große Lieferungen in die Erscheinung. Schon in ältesten Zeiten hat man die für die Bergwerksbetriebe erforderlichen Luftmengen durch Ventilatoren gefördert, nicht durch Kolbengebläse, weil diese unausführbar große Abmessungen erhalten hätten. Selbst durch raschlaufende Kolbengebläse hätte man diese großen Mengen nicht bewältigen können. Aber erst als es gelungen war, durch stufenweise Aneinanderreihung raschlaufender Pumpenräder auch höhere Pressungen zu überwinden und eine wirkungsvolle Umsetzung von kinetischer Energie in Druckenergie durch Diffusoren und Leitapparate zu erzielen, hat die schnellumlaufende Pumpe ihre große Bedeutung erlangt und ein sehr umfangreiches Verwendungsfeld gefunden. Noch bis in die neueste Zeit hinein wurden jedoch in Bergwerken zur Erzeugung der Druckluft für die Druckluftwerkzeuge Kolbenkompressoren verwendet, welche Riesenabmessungen erhielten, daher schwer unterzubringen waren und große Kosten verursachten. Für große Leistungen und Liefermengen wird hier schon seit längerer Zeit der raschlaufende Turbokompressor vielfach verwendet. Aber auch für kleinere und mittlere Leistungen, für welche bisher der Kolbenkompressor vorherrschend war, beginnt der Turbokompressor sich neuestens einzuführen mit Drehzahlen und Umfangsgeschwindigkeiten, die jedes bisher erreichte Maß überschreiten. In Fig. 1 ist ein Turbokompressor von BROWN, BOVERI & CIE. dargestellt, der in *einem* kleinen Laufrad bei etwa 20 000 Uml./min. und 250 m/s. Umfangsgeschwindigkeit Pressungen bis zu rund 0,5 Atm. erzeugen kann, also mit einer geringen Zahl solcher Laufräder die für den Bergwerksbetrieb erforderlichen Pressungen von 7—10 Atm. erreichen läßt. Ein solcher Kompressor, unter Zahnradzwischenübersetzung elektrisch angetrieben, nimmt nur einen Bruchteil des Raumes eines gleichwertigen Kolbenkompressors ein, so daß die Aufstellkosten besonders unter Tage im Bergwerk wesentlich herabgesetzt werden können. Dabei erreichen diese einfachen Turbo-

kompressoren isothermische Wirkungsgrade bis 60%, also ähnlich hohe wie die Kolbenkompressoren.

Schnellauf ist besonders im Kraftfahrzeugbetriebe von entscheidender Bedeutung, da das Gewicht der Maschine die Größe des Bewegungswiderstandes von Automobilen, im Schiffsbetriebe und von Flugzeugen wesentlich bestimmt.

Raschlauf verringert die Zeit, in der Abkühlungsverluste auftreten können, und die Mittel, um Raschlauf zu erzielen, wie besonders die Verwendung hochwertiger Baustoffe bei kleinen Abmessungen, sind auch wesentlich für die Möglichkeit, das Druck- und Temperaturgefälle wirksam zu erhöhen. Die Güte der Energieausnutzung steigt im allgemeinen mit der Höhe des Arbeitsdrucks und der Temperatur. Das Verbrennen verdichteter Brennstoffluftgemische ist wirkungsvoller und wirtschaftlicher als das von unverdichteten, Verbrennen bei hoher Temperatur günstiger als bei niedriger. Hohe Wärmeausnutzung verlangt stets einen hohen Wärmezustand und Raschheit der Verbrennung. Ist für einen bestimmten Brennstoff der günstigste Betriebszustand einreguliert, dann muß der so festgelegte Wärmezustand möglichst gleichbleibend aufrechterhalten werden, insbesondere an den Stellen des Verbrennungsraumes der Maschine, wo die höchsten Temperaturen auftreten. Jede Störung des Wärmezustandes ergibt Verschlechterung des Betriebs und Verluste. Hier können einige Beispiele klärend wirken: Die kleinen raschlaufenden Automobilmaschinen, in welchen in der Regel leichtflüchtige flüssige Brennstoffe, wie Benzin und Benzol, verbrannt werden, haben eine vorzügliche Wärmeausnutzung, vor allem aus dem Grunde, weil sich bei ihnen die Wärme durch gute Gemischbildung und rasche Verbrennung ausgezeichnet innerhalb kleiner Verbrennungsräume konzentrieren läßt, so daß ein hoher Wärmezustand für kurze Zeit sicher aufrechterhalten werden kann und sich wegen der kleinen Abkühlflächen des Verbrennungsraumes geringe Wärmeverluste ergeben. Je größer die Verbrennungsräume von Verbrennungsmaschinen sind, um so schwieriger ist es, ein vollkommenes Gemisch zu erzeugen, die Verbrennung gleichmäßig und rasch durchzuführen und dauernd auch günstigen Wärmezustand zu erhalten.

Selbstverständlich spielen bei allen diesen Arbeitsfragen die Art des Brennstoffs, das Arbeitsverfahren und die Bauart der Maschine eine wichtige Rolle. Es ist allgemein bekannt, daß in der Dieselmaschine durch das hohe Verdichtungsgefälle bei wirksamer Einspritzung des flüssigen Brennstoffes ein hoher Wärmezustand und rasche Verbrennung unter Ausschaltung jeder Gefahr ungewollter Selbstzündung und damit selbst bei Verwendung minderwertiger Treiböle eine hohe Wärmeausnutzung erreicht wird.

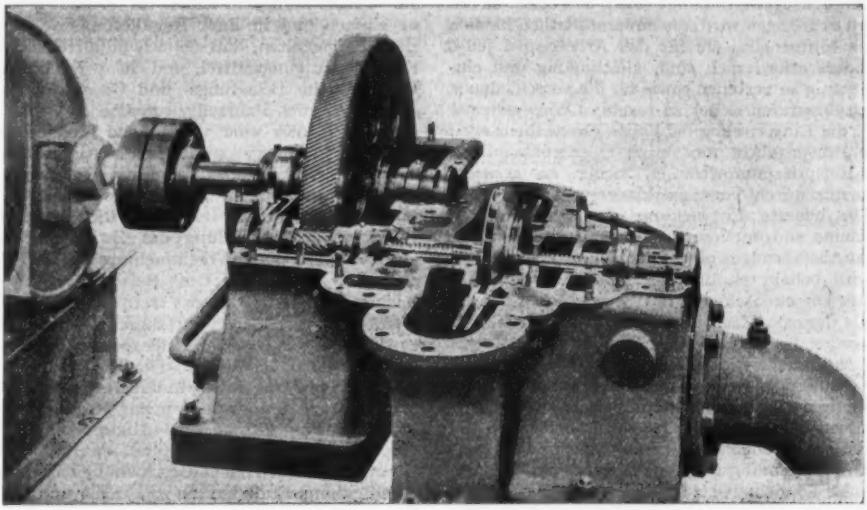

Fig. 1. Schnellaufender Turbokompressor von BROWN, BOVERI & CIE.

Die Wärmeausnutzung ließe sich bei der Dieselmaschine noch wesentlich steigern, wenn es gelänge, ihre Betriebsgeschwindigkeit erheblich zu erhöhen. Auf der letzten Automobilausstellung in Berlin, im Herbst 1923, war ein Lastkraftwagen der Daimler-Motoren-Gesellschaft in Berlin-Marienfelde als Omnibus für Personenverkehr im Betriebe zu sehen. Dieser Wagen war mit einem etwa 40pferdigen 4zylindrigen Dieselmotor mit Luft-

einspritzung ausgestattet, der normal mit 800 bis 1000 Uml./min. betrieben wurde. Der Motor soll auf dem Prüfstande auch noch bei 1600 Uml./min. einwandfrei gearbeitet haben. Es war mir aber nicht möglich, festzustellen, wie weit dieser Motor den Anforderungen praktischen Dauerbetriebs bei günstigem Brennstoffverbrauch zu entsprechen vermochte, insbesondere ob er einen einwandfreien Betrieb im Leerlauf und bei kleineren Belastungen gestattete. Bemerkenswert ist, daß dieser kleine Dieselmotor mit Einspritzluft betrieben wurde und daß der Einspritzkompressor bei den hohen Drehzahlen einwandfrei arbeitete, was sicher nur dadurch ermöglicht wurde, daß die Kompressorventile winzigsten Hub bei hohen Spaltgeschwindigkeiten hatten.

Die Einführung der Dieselmaschine in die Nutzfahrzeugtechnik hängt einzig und allein davon ab, ob es gelingen wird, die außerordentlich kleinen Brennstoffmengen, die für das Arbeitsspiel jedes Zylinders erforderlich sind, gleichmäßig und einfach genug zu verteilen sowie für die verschiedenen Belastungsstufen sicher zu regeln. Ob es gelingen wird, die Einspritzung bei hohen Drehzahlen auch ohne Einspritzluft, nur durch Überdruck mittels der Einspritzpumpwirkung, sicher zu erzielen, kann nur durch Versuche klargestellt werden.

Die neueste Entwicklung der Dieselmotoren für kleine und mittlere Leistungen neigt bekanntlich zu Ausführungen ohne Einspritzluftkompressor; es wird behauptet, daß der Brennstoffverbrauch solcher Dieselmaschinen sogar wesentlich günstiger sei als der von Maschinen *mit* Einspritzdruckluft. Ausreichende Versuche hierüber sind noch nicht veröffentlicht worden. Derartige Versuche an schnellaufenden Verbrennungsmaschinen sind schwierig und geben leicht dadurch Anlaß zu Trugschlüssen über den Wärmeverbrauch, daß im Schnellauf erhebliche Mengen von Schmieröl nach dem Verbrennungsraum gelangen und mitverbrennen können. Getrennte Messung des Brennstoff- und Schmierölverbrauchs ist daher bei solchen Untersuchungen unbedingt notwendig.

Die nächste Entwicklung des Kraftfahrzeugbetriebs wird wohl dahin gehen, daß für *Personen*- und Luxusfahrzeuge möglichst hochwertige, leichtflüchtige Brennstoffe, wie Benzin und Benzol, für *Nutz*fahrzeuge aber Schweröle in immer steigendem Maße verwendet werden. Für das Personenautomobil sind vor allem Kleinheit der Maschine, Raschheit und Einfachheit des Betriebs, geringes Wartungs- und Reparaturbedürfnis von Bedeutung, während die Kosten des Brennstoffs weniger schwer ins Gewicht fallen. Freilich, den Besitz und Betrieb eines Personenkraftwagens werden sich in unserm armgewordenen Europa und vollends in Deutschland noch auf lange Zeit hinaus nur wenige Reiche gestatten können. Beim Nutzfahrzeugbetrieb liegen die Verhältnisse anders. Auf Lastkraftwagen für Industrie und Handel, auf Fahrzeugen für die Landwirtschaft, auf Motorpflügen u. a., ferner auf Booten und Schiffen muß es meist schon der Feuersgefahr wegen vermieden werden, größere Mengen leicht flüchtigen Brennstoffs mitzuführen. Hier wird der Schwerölmotor ein dankbares Verwendungsfeld finden.

Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Betriebs läßt sich auch durch Verbesserung und Vereinfachung der Betriebsführung erzielen. In diesem Zusammenhange sollte man es vermeiden, vielstufige Energieumformungen vorzunehmen, vielmehr trachten, mit einfachsten Umformungen auszukommen. Wenn es z. B. gelänge, aus der Kohle unmittelbar elektrische Energie zu erzeugen, so wäre dies ein außerordentlicher Fortschritt gegenüber der Umwandlung der in der Kohle enthaltenen Wärmeenergie zunächst in Dampf und dann erst in elektrische Energie. Könnte man die Verbrennungsmaschine für Fahrzeugbetrieb so einfach und in ihrer Regulierungswirkung so elastisch gestalten, daß sie sich unmittelbar, ohne Kraftübertragungsmittel, und in wirtschaftlicher Weise an die Belastungs- und Geschwindigkeitsänderungen des Fahrzeugs anpassen würde, dann wäre auch dies eine wesentliche Vereinfachung und Verbesserung gegenüber dem heutigen Betriebszustande. Aber selbst wenn die Verbrennungsmaschine mit einem Zwischengetriebe auf die Hinterräder eines Kraftwagens wirkt, kann durch vollkommene Ausbildung des Zwischengetriebes und besonders durch Vereinfachung der Bedienung und der Schaltung der Betriebswirkungsgrad solcher Anlagen verbessert werden.

Bei den meisten Kraftfahrzeugen wird heute ein Zahnradschaltgetriebe mit mehreren, meistens 4 Schaltstufen verwendet. Die Umschaltung von einer zur andern Geschwindigkeitsstufe erfordert in der Regel das Verändern der Regulierung der Verbrennungsmaschine, das Abkuppeln und Abbremsen des Wagenlaufs und das allmähliche Überführen in den neuen Geschwindigkeitszustand, Handhabungen, die nur ein erfahrener und geübter Wagenführer ohne wesentliche Zeit- und Energieverluste beherrscht.

In neuerer Zeit strebt man deshalb dahin, den Wagenlauf durch selbsttätig wirkende mechanische Triebwerke oder durch elektrische Kraftübertragung dem Fahrwiderstande möglichst einfach und selbsttätig anzupassen.

Bisher ist die elektrische Kraftübertragung in der Weise angewendet worden, daß die Verbrennungsmaschine eine Dynamo antreibt und der in ihr erzeugte Strom unter entsprechender Schaltung in Elektromotoren geleitet wird, die die Wagenräder unmittelbar oder durch Zahnradübersetzung antreiben. Eine solche Kraftübertragung erfordert hohe Gewichte und Ausführungskosten, wodurch die Vorteile der einfacheren Schaltung und Bedienung aufgewogen oder gar ins Gegenteil gekehrt werden. Daher haben derartige elektrische Kraftübertragungen, die in Amerika auch im Schiffsbetrieb als Übersetzung zwischen raschlaufenden Dampfturbinen und langsam laufenden

Schiffsschrauben ausgeführt werden, für den Automobilbetrieb keine Bedeutung.

In den letzten Jahren ist von Amerika aus eine elektrische Kraftübertragung für Automobile mit Verbrennungsmaschine bekannt geworden, bei der die Leistung der elektrischen Kraftübertragungteile: Dynamo und Motor, nur einen Bruchteil der Leistungsfähigkeit der Antriebsverbrennungsmaschine beträgt und trotzdem die Drehmomente, den verschiedenen Fahrwiderständen entsprechend, ausreichend sicher übertragen werden.

In Fig. 2 ist das Wesen der nach den Erfindungen von ENTZ und CROWN ausgebildeten elektrischen Kraftübertragung dargestellt. Mit der Welle der Verbrennungsmaschine ist ein Drehgestell fest verbunden, welches die Feldmagnete trägt, während der zugehörige Anker des Stromerzeugers *G* mit dem Anker eines Elektromotors *M* und gleichzeitig mit den anzutreibenden Hinterrädern des Fahrzeugs unmittelbar gekuppelt ist. Das Feldgestell des Elektromotors ist mit dem Wagenaufbau fest verbunden. Dieses elektrische Triebwerk dient im Zusammenhang mit einer Akkumulatorenbatterie zum Anlassen der Verbrennungsmaschine, sowie zur Kraftübertragung bei verschiedenen Schaltstufen, ferner zum Bremsen des Wagenlaufs und zur Erzeugung des Beleuchtungsstromes. Beim Anlassen wird Akkumulatorenstrom in den Stromerzeuger *G* geleitet und dadurch ein Drehmoment erzeugt, welches die Welle der Verbrennungsmaschine in Bewegung setzt und den Betrieb der Verbrennungsmaschine einleitet. Allmählich übersteigt die von der Verbrennungsmaschine ausgehende Leistung die durch die Akkumulatoren vermittelte, und dadurch wird ein die Hinterräder antreibendes Drehmoment wirksam. Je größer die Relativgeschwindigkeit zwischen der mit den Hinterrädern gekuppelten Ankerwelle und dem mit der Welle der Verbrennungsmaschine fest verbundenen Feldgestell ist, desto stärker wird der Strom, den der Stromerzeuger an das mit dem Wagen verbundene Feldgestell des Motors liefert, und dadurch wird auch im Motor ein Zusatzdrehmoment erzeugt, welches zur Steigerung der Fahrgeschwindigkeit beiträgt. Hat schließlich die Geschwindigkeit der Ankerwelle die Geschwindigkeit der Verbrennungsmaschinenwelle erreicht, dann wirkt der gesamte elektrische Maschinensatz nur noch als elektrische Kupplung, und hierdurch erklärt es sich, warum der elektrische Teil mit einem Bruchteil der Leistungsfähigkeit der Verbrennungsmaschine genügend wirken kann. Beispielsweise ist bei einem Wagen mit Sechszylindermaschine von 70 PS der elektrische Satz für eine mittlere Leistung von rund 5 PS gebaut; es wird also bei dieser elektrischen Kraftübertragung eine ausreichende Wirkung mit wesentlich geringeren Gewichten erzielt als bei der bisher üblichen.

Die besonderen Eigenschaften der beschriebenen elektrischen Übertragung bedingen, daß sie sich wirtschaftlich nur für verhältnismäßig starke Kraftwagen mit Verbrennungsmaschinen von hoher Leistung ausführen läßt. Bei kleinen Leistungen wird das elektrische Getriebe, wenn man z. B. beim Fahren auf hohen Steigungen genügend große Übersetzungen erzielen will, verhältnismäßig zu schwer, das Gewicht der Kraftübertragungsteile und damit die Kosten zu hoch. Es ist hier nicht der Ort, auf weitere Einzelheiten dieser Kraftübertragung einzugehen, doch sei noch gesagt, daß in neuester Zeit beabsichtigt wird, den Motor *M* nicht unmittelbar hinter den Stromerzeuger *G* zu setzen, sondern ihn in zwei Teilen in die Vorderräder einzubauen und so in einfachster Weise Vierräderantrieb mit Vierräderbremsung zu erzielen (Fig. 3).

Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Kraftübertragung liegt darin, daß der Übergang von einer Schaltstufe zur andern durch Verstellung eines einfachen Handgriffs möglich ist, daß dabei keine Kupplungen ein- und auszurücken, keine Bremsen zu betätigen sind und eine Stufe sehr sanft und elastisch in die andere übergeht, so daß der Wagenlauf und besonders der Gang der Verbrennungsmaschine durch den Übergang in keiner Weise gestört wird. Die elektrische Schaltung gestattet außerdem, beim Fahren in der Ebene oder im Gefälle die Verbrennungsmaschine leicht auszuschalten und den Wagen nur durch seine Massenwirkung laufen zu lassen, ähnlich dem Freilauf bei Fahrrädern. Der Motor läßt sich dann durch die elektrische Kraftübertragung sofort stoßlos und sicher wieder in Gang setzen. Die Einfachheit dieser Übertragung und ihre besondere Wirkung gestattet eine wirtschaftliche Ausnutzung und weitgehende Schonung der Verbrennungsmaschine bei geringen Wartungs- und Reparaturkosten.

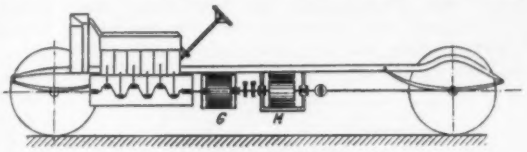

Fig. 2. Elektrische Kraftübertragung System CROWN.

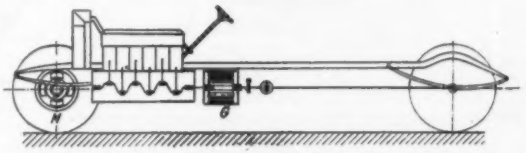

Fig. 3. Desgl. mit Motoren in den Vorderrädern.

Ähnliche Wirkungen und Vereinfachungen des Wagenbetriebs erstrebt man durch selbsttätige *mechanische* Kraftübertragungen. Bei jedem Kraftwagen sind die angetriebenen Hinterräder mit

Rücksicht auf die durch die Fahrbahnunebenheiten verursachten Massenstöße unter Zwischenschaltung von *Federn* mit dem Wagengestell verbunden (Fig. 4). Bei jeder Energieänderung durch Vergrößerung oder Verkleinerung des Fahrwiderstandes W entstehen Relativbewegungen zwischen Wagengestell A und Hinterachse. Sinkt der Fahrwiderstand, so sucht das Wagengestell gegenüber der Hinterachse zurückzubleiben; steigt der Widerstand, so sucht es vorzueilen und diese Bewegungsvorgänge kann man dazu benutzen, verschiedene Übersetzungen selbsttätig einzustellen. Beispielsweise kann man bei einem Wagen mit Reibgetriebe das eine Reibrad gegenüber dem andern verschieben, um die Übersetzung zu ändern, oder man kann auch veränderliche Zahnradübersetzungen einschalten mit Einstellvorrichtungen, wie sie etwa bei der SODEN-Schaltung verwendet werden.

Französische Konstrukteure benutzen die erwähnte Relativverschiebung zwischen Hinterachse und Wagengestell zur Verstellung von Mechanismen, wie Taumelscheiben, die mit Freilaufkupplungen auf der Hinterachse verbunden sind, derart, daß bei Zunahme des Widerstandes W

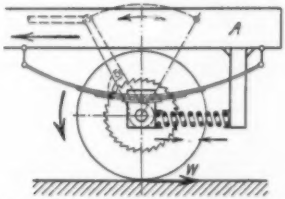

Fig. 4. Schema der selbsttätigen mechanischen Kraftübertragung.

der Ausschlag der Taumelscheibe und damit die Wirkung des auf der Hinterachse angeordneten Freilaufs verkleinert wird. Durch die letzte Pariser Automobilausstellung ist besonders das Getriebe von DE LAVAUD bekannt geworden, das eine ganze Reihe von Freilaufkupplungen benutzt, um die gewünschte Zahl von Übersetzungen zu erzielen (Fig. 5).

In anderer Weise gehen deutsche Konstrukteure bei der Lösung dieses Problems vor; ich möchte besonders auf die Arbeiten von Obering. SCHIEFERSTEIN hinweisen, der schädliche Schwingungswirkungen in mechanischen Triebwerken zu vermeiden und Massenschwingungen zur Energieübertragung nutzbar zu machen sucht.

Bei Kolbenmaschinen mit Kurbeltriebwerk und hin- und hergehenden Massen werden Massenkräfte und Momente periodisch wirksam, die unter Umständen zu gefährlichen Schwingungswirkungen führen können. Die Energieabgabe erfolgt in der Regel nicht gleichmäßig, und zum Ausgleich der Drehmomente pflegt man ein Schwungrad zu benutzen, dessen Schwungmasse von dem gewünschten Gleichförmigkeitsgrade der Geschwindigkeitsänderung durch die Abgabe und Aufnahme von Leistung bedingt ist. Die übliche Ausführungsform solcher Triebwerke mit wenig nachgiebigen Passungen in den Gelenken kann bei Abnutzung zu Stößen in den Totlagen des Triebwerks führen, die nicht nur Formänderungs- und Stoßarbeit ergeben und damit Energievergeudung bedeuten, sondern auch Betriebsstörungen und Brüche hervorrufen können.

Bei solchen Kolbenmaschinen findet eine Wechselwirkung zwischen der Energieaufnahme und -abgabe des hin- und hergehenden und des umlaufenden Massensystems mit den dabei unvermeidlichen Energieverlusten statt.

SCHIEFERSTEIN benutzt statt dessen das hin- und hergehende Massensystem allein dazu, Energieschwankungen auszugleichen. Zu diesem Zwecke werden die hin- und hergehenden Massen mit elastischen Mitteln verbunden und die Massenenergie periodisch in Federungsenergie umgesetzt, die bei ungleichmäßiger Energieabgabe den Energieausgleich bewirkt. Als elastische Mittel können Stahlfedern oder Gaskissen verwendet werden,

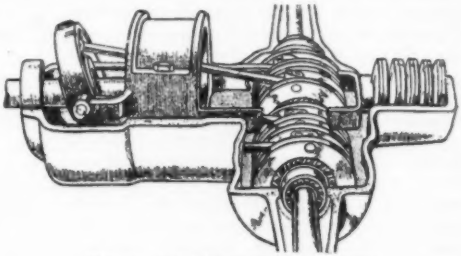

Fig. 5. Getriebe nach DE LAVAUD.

die verdichtet und entspannt werden; beispielsweise könnte man bei bestimmten Kolbenmaschinen auch die Verdichtung des Treibmittels als Federungsmittel benutzen.

Beim Federsystem sind wesentlich geringere Möglichkeiten für Energieverluste vorhanden als bei dem erwähnten kombinierten System; in der Hauptsache sind das die elastischen Widerstände bei der Bewegung der Federn. Während bei dem alten System der Energieübertragung mit zwangläufig hin- und herbewegten und mit umlaufenden Massen beim Energieausgleich der Hub der hin- und herbewegten Massen stets konstant, aber die Drehzahl, also die Periodenzahl der Schwingung, entsprechend der veränderten Energieabgabe veränderlich ist, kann beim frei schwingenden Federmechanismus infolge des Energieausgleichs die Periodenzahl der Schwingung konstant bleiben und der Hub, und damit selbsttätig das Übersetzungsverhältnis zwischen antreibender und getriebener Welle, sich entsprechend den verschiedenen Widerständen ändern. Diese Eigenschaft frei schwingender Systeme kann bei Anwendung geeigneter Freilaufkupplungen dazu benutzt werden, einfache mechanische Kraftübertragungen, z. B.

für Kraftfahrzeugbetrieb, zu schaffen, die, elastisch und mit großer Schonung der Antriebsmaschine wirkend, selbsttätig veränderliche Übersetzungen zulassen (Fig. 6).

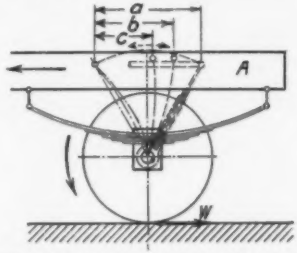

Fig. 6. Schema der selbsttätigen mechanischen Kraftübertragung nach SCHIEFERSTEIN. *a* Hub der Antriebmaschine, *b* (bzw. *c*) zur Drehung des Rades wirksamer Hub, *a-b* (bzw. *a-c*) Durchbiegung der Feder entsprechend dem Fahrwiderstand *W*.

Zur Kennzeichnung der SCHIEFERSTEINschen Bestrebungen sei eine Anwendung erwähnt, welche es gestattet, die Betriebsgeschwindigkeit von schwungradlosen Wasserpumpen wesentlich zu erhöhen. Solche Pumpen werden als „Duplexpumpen" für Kesselspeisezwecke wegen ihrer Einfachheit und Betriebssicherheit noch vielfach verwendet, sind aber wegen ihrer geringen Hubzahl schwerfällig im Bau und damit teuer in den Anschaffungskosten. Kuppelt man die periodisch hin- und herbewegte Masse einer solchen Pumpe mit Federn, dann kann man die Hubzahl, bei vollständiger Beherrschung des Ventilspiels der Pumpe, ähnlich wie bei Pumpen mit Kurbeltriebwerk und Schwungradmasse wesentlich erhöhen.

Für eine wirtschaftliche Energieausnutzung durch Wärmekraftanlagen ist dauernd sichere Beherrschung des günstigsten Wärmezustandes wesentlich. Hierfür ist in den meisten Fällen der Wärmeübergang durch Wandungen in Form des Wärmeaustausches zwischen einem heißeren und einem kälteren Mittel entscheidend, z. B. bei den Verbrennungsmaschinen die Kühlwirkung, bei Dampfkesseln die Heizwirkung. Den Wärmeübergang bei Wärmeaustauschvorrichtungen kann man aber nur dann zuverlässig beherrschen, wenn man die wärmeübertragenden Wände dauernd rein und die Bewegung der wärmetragenden Mittel stets gleichmäßig erhalten kann.

In der Regel handelt es sich darum, eine bestimmte Wärmemenge durch eine Metallwand hindurchzuführen (Fig. 7), wobei jeder Wärmestau in der Wand, also zu hohe Temperatur t, verhütet werden muß, damit die Betriebssicherheit der Wärmeaustauschvorrichtungen nicht verringert wird; denn Wärmestau in der Wand tritt dann ein, wenn die Strömung des kälteren Mittels irgendwie gestört wird und an der wärmeabführenden Wandseite (Temperatur t_2) weniger Wärme abfließt, als auf der heißen (Temperatur t_1) zugeführt wird. Dies kann geschehen, indem sich Verunreinigungen, z. B. Wasserstein, an der wärmeabführenden Seite ansetzen oder Dampfblasen daran hängen bleiben.

Wärmestau kann auch eintreten, wenn man den Wärmeübergang an der heißeren Wandseite wesentlich verbessert, z. B. wenn man die Wandoberfläche F_1 durch Anbringung von Rippen vergrößert, ohne daß man gleichzeitig der dadurch in die Wand eintretenden größeren Wärmemenge die Möglichkeit bietet, an der kühleren Seite längs der kleineren Fläche F_2 abzufließen. Ein Belag von schlechten Wärmeleitern auf der heißeren Wandseite, etwa von Ruß, Krusten o. dgl., verschlechtert nur die Wärmeabgabe an die Wand, ohne die Wand zu gefährden. Im Gegenteil wird dadurch der Wärmestau bei gleicher Wärmeabführung auf der kühleren Wandseite verringert.

Das wesentlichste ist, möglichst reines Wasser zu verwenden, damit kein Schlamm und keine Krusten abgeschieden werden, und für wirksamen Wasserumlauf zu sorgen, damit sich an keiner Stelle Dampfblasen festsetzen und den Wärmeübergang verschlechtern können. Schon ein dün-

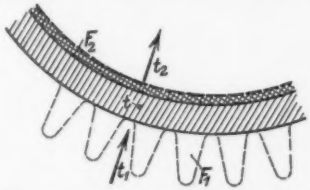

Fig. 7. Wärmedurchgang bei Wärmeaustauschvorrichtungen.

ner Ansatz von Wasserstein innerhalb der Kühl- oder Heizräume kann gefährlichen Wärmestau in den Wandungen und schließlich Risse und Brüche herbeiführen. Dies ist nicht nur wichtig für die Kühlvorrichtungen bei Verbrennungsmaschinen, sondern z. B. auch für Kompressoren und Vakuumpumpen, für die Destillations- und Dephlegmationseinrichtungen der chemischen Industrie, für Dampfkessel und viele andere Wärmeaustauschvorrichtungen.

Es ist schwer begreiflich, aber Tatsache, daß es heute noch große Anlagen gibt, deren Verbrennungsmaschinen mit dem für technische Zwecke gerade zur Verfügung stehenden, meist unreinen und harten Wasser gekühlt werden. Zahlreiche Brüche von Köpfen, Deckeln und Zylindern solcher Maschinen sind die Folge der Abscheidung von Wasserstein, besonders an den Wänden und den Durchdringungsstellen des Verbrennungsraumes, wo der Wärmestau sofort gefährliche Überbeanspruchungen der Wandungen hervorruft. Die Kosten einer einfachen Wasserreinigungsanlage sind gegenüber den Kosten, die der Ersatz gebrochener Maschinenteile verursacht, verschwindend klein, namentlich dann, wenn man in Verbindung mit der Wasserreinigungsanlage eine Rückkühlvorrichtung für das heiße Kühlwasser

verwendet, so daß man nur das verdunstende Wasser durch gereinigtes zu ersetzen braucht.

Sehr schlimm sieht es in dieser Hinsicht vielfach in der chemischen Industrie aus, wo von der Wirkung der Kühlvorrichtungen die sichere Beherrschung wichtiger chemischer Reaktionen in hohem Maße abhängt und schon geringfügige Änderungen in den Temperaturverhältnissen oft schwerwiegende Störungen der Erzeugung hervorrufen. In einem von mir besichtigten Betriebe wurde für die Kühlung von Destillatoren und Dephlegmatoren so schlammhaltiges Wasser verwendet, daß schon nach eintägigem Betrieb deutliche Schlamm- und Wassersteinablagerungen eintraten und ständig Reparaturkolonnen unterwegs waren, um die Kühleinrichtungen zu bewachen.

Hohe Ablauftemperatur des Kühlwassers läßt nicht ohne weiteres auf Wärmestau in den Wandungen schließen, besonders, wenn dieser durch das Ansetzen von Krusten verursacht worden ist. Im Gegenteil ist eher kälter ablaufendes Kühlwasser ein Zeichen eingetretenen Wärmestaues. Einwandfreie Feststellungen während des Betriebs lassen sich nur durch Temperaturmessungen innerhalb der Wand selbst treffen, Messungen, die in der Regel große Schwierigkeiten bereiten und häufig praktisch unausführbar sind. Daher ist um so mehr auf die Verwendung reinen Kühlwassers zu achten.

Das Bestreben, Vergasermaschinen für den Kraftfahrzeugbetrieb mit minutlichen Drehzahlen von 4000—6000 auszubilden, wird nur dann zu der beabsichtigten Verbesserung der Wärmeausnutzung führen, wenn man den Betrieb ohne nennenswerte Störungen beherrschen kann. Schon geringe Veränderungen des Wärmezustandes können bei diesen hohen Betriebsgeschwindigkeiten schwerwiegendste Betriebsstörungen verursachen, wenn, wie es bisher die Regel war, der Wagenführer zur Kühlung der Automobilmaschine beliebiges Wasser verwendet, wie er es gerade beim Vorüberfahren, unter Umständen im Straßengraben findet. Ich bin überzeugt, wenn man die Kühlräume von Automobilmotoren, die längere Zeit im Betriebe waren, untersuchte, so würde man häufig Wassersteinablagerungen, besonders an den Durchdringungsstellen im Verbrennungsraum finden. Viele Zündstörungen sind auf mangelhafte Kühlung der Zündkerzen infolge von Wassersteinablagerung zurückzuführen.

Die Kühlung steht nicht nur im Zusammenhang mit der Erhaltung der Wandungen und damit der ganzen Maschine, sondern sie ist auch notwendig, um überhaupt einen leistungsfähigen Betrieb durchzuführen. Beherrscht man die Kühlung dauernd sicher durch die Verwendung von reinem Wasser, ist man also gewiß, daß kein unzulässiger Wärmestau in den Wandungen eintreten kann, dann läßt sich die Verbrennung wesentlich günstiger gestalten, z. B. durch Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses und der Betriebsgeschwindigkeit, und man erreicht höhere Leistung der Maschine bei geringerem spezifischem Brennstoffverbrauch. Gleichzeitig werden die möglichen Störungen verringert, die Betriebssicherheit im allgemeinen erhöht und damit die Kosten des Automobilbetriebes herabgesetzt.

Der Wunsch nach besserer Beherrschung des Wärmezustandes in solchen raschlaufenden Verbrennungsmaschinen hat in neuerer Zeit dazu geführt, in weitgehendem Maße gutleitende Baustoffe für ungekühlte Kolben zu verwenden, damit die Wärme aus dem Kolbenboden besser zu den gekühlten Seitenwänden des Zylinders abgeleitet wird. Bei der Ausbildung solcher Kolben wird aber zu wenig darauf geachtet, daß eine ausreichende Wandstärke im Leichtmetall notwendig ist, damit die großen Wärmemengen rechtzeitig aus dem Kolbenboden abfließen können. Auch hier ist der Einfluß der besseren Kühlung auf die Wärmeausnutzung der Maschine nur mittelbar, denn die unmittelbare Folge der stärkeren Wärmeabführung wäre eine Erhöhung der Wärmeverluste. Mittelbar aber erreicht man durch die bessere Beherrschung des Wärmezustandes die Möglichkeit, das Verdichtungsverhältnis und die Betriebsgeschwindigkeit zu steigern und damit die Leistungsfähigkeit der Maschine und die Wärmeausnutzung des Brennstoffs erheblich zu verbessern.

Die Mängel der Leichtmetallkolben, die mit ihrer stärkeren Wärmeausdehnung zusammenhängen, das Klappern in der kalten, das Zwängen in der heißen Maschine, werden im Laufe der Zeit durch Sonderkonstruktionen oder durch bessere Erfahrung in der Ausführung der Passungen behoben werden.

Nach dem Gesagten scheint es meist von zweifelhaftem Vorteil zu sein, Heißwasserkühlung für Verbrennungsmaschinen in der Weise anzuwenden, daß man die Kühlräume unter Druck setzt und dadurch das Kühlwasser ohne Dampfentwicklung auf Temperaturen über 100° bringt, nur um die aus dem Kühlwasser übergehende Wärme in einer Abwärmeanlage nutzbar machen zu können. Denn bei wirksamer Kühlung des Verbrennungsraumes kann man höher verdichten und dadurch die Wärme unmittelbar wahrscheinlich besser ausnutzen als mittelbar durch Abwärmeverwertung bei geringerem Temperaturgefälle. Nur bei Großgasmaschinen, die hohe Verdichtung wegen der großen Kolbenkräfte und -Beanspruchungen nicht vertragen, kann unter Umständen Heißwasserkühlung günstigere Abwärmeverwertung und damit Verbesserung des Brennstoffwirkungsgrades ergeben.

Erhöhung der Betriebsgeschwindigkeit und Verringerung der in der Zeiteinheit arbeitenden Massen des Wärmeträgers wird auch durch die *Gas- und Ölturbine* angestrebt. Trotz jahrzehntelanger großer Aufwendung von Arbeitskraft und Kosten ist es bis heute nicht gelungen, eine leistungsfähige Gasturbine auszubilden. Die Schwierigkeiten lagen bisher, wie bekannt, vor allem in der Beherrschung des Wärmezustandes an den

raschlaufenden Rädern und Verschaufelungen solcher Turbinen. Wie schwierig die Entwicklung auf diesem Gebiete ist, wird dadurch gekennzeichnet, daß große Firmen sich seit vielen Jahren bemühen, die HOLZWARTH-Turbine zu entwickeln, daß auch schon verschiedene Ausführungen davon vorliegen, daß aber noch keinerlei Betriebserfahrungen über diese Turbine bekannt geworden sind. Ich fürchte, daß noch manches weitere Jahr vergehen wird, bis eine tatsächlich leistungsfähige Gasturbine in den Wettkampf der Wärmekraftmaschinen eintritt.

Hier spielt die Materialfrage eine noch entscheidendere Rolle als bei andern Verbrennungsmaschinen. Während bei den üblichen Kolbengasmaschinen Gußeisen für die im Verbrennungsraum wirkenden Teile ausreichende Sicherheit bietet und bei den raschlaufenden Kraftfahrzeugmaschinen hochwertige Stahlsorten den höheren Beanspruchungen genügen, hat man für die Gasturbinen bis jetzt anscheinend noch nicht den Baustoff gefunden, der den hohen Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb der Schaufeln und den hohen Temperaturen genügend widersteht. Aber ich bezweifele nicht, daß unsere hochentwickelte Metalltechnik bald in der Lage sein wird, auch hier geeignetes Material zur Verfügung zu stellen. Sind doch schon Chromstähle bekannt, die bei dauernder Beanspruchung mit 500° C noch nahezu 2000 kg/cm² Festigkeit an der Streckgrenze haben. Ich glaube daher nicht, daß die Materialfrage die Entwicklung der Gasturbine dauernd hemmen wird, aber es sind noch andere große Schwierigkeiten zu bewältigen, bis ausreichende Wirtschaftlichkeit solcher Turbinen erreicht werden wird.

Die Herabsetzung der Betriebstemperaturen in den Verschauflungen der Laufräder setzt voraus, daß die Druckenergie vor der Einwirkung der Verbrennungsgase auf die Laufräder möglichst weitgehend in Geschwindigkeitsenergie umgesetzt wird. Dies ergibt hohe Strömgeschwindigkeiten und damit hohe Strömwiderstände. Es ist daher sehr zu befürchten, daß der hohe Wärmezustand, der zur Erzielung eines ausreichend hohen Brennstoffwirkungsgrades notwendig wäre, nicht erreicht und beherrscht werden kann, und daß Gasturbinen kaum jemals die Wärmeausnutzung der heutigen Dampfturbinen erreichen werden. Allerdings würde der Fortfall der Dampfkessel der Gasturbine trotzdem ein großes Verwendungsfeld sichern, namentlich in den Fällen, wo Abfallgase von Hüttenwerken, Kokereien usw. auszunutzen sind.

Daß die Schwierigkeiten der Materialfrage bei der Entwicklung der Gasturbine auch umgangen werden können, beweist die STAUBER-*Turbine*, bei der die jetzt im Maschinenbau üblichen Baustoffe: Gußeisen und Stahl, vollständig ausreichen, da die Laufräder im Betriebe mit einfachen Mitteln wirksam gekühlt werden. Die Wirkungsweise dieser Turbine läßt sich an der Hand der Fig. 8 und 9 kurz wie folgt erläutern:

In einem Laufsystem, bestehend aus mindestens *einem* Paar von Schaufelrädern mit zwischengeschalteter Leitvorrichtung zur Umsetzung von Druck- in Geschwindigkeitsenergie, wird eine Wassermasse umgeschleudert, die im Beharrungszustand ohne andere Einwirkung als die der Fliehkräfte einen geschlossenen Wasserring bildet. Durch Verbrennungsstöße, die innerhalb des Wasserrings, meistens an symmetrisch gegenüberliegenden Stellen, eingeleitet werden, wird dem Wasserring eine Relativbewegung erteilt, die ihn elliptisch deformiert, hierdurch eine Strömung von einem Laufrade zum andern erzeugt und die

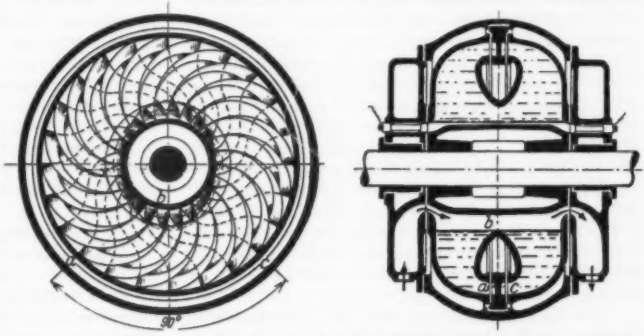

Fig. 8 und 9. Gas- und Ölturbine von STAUBER.

Umwandlung der durch die Verbrennung ausgelösten Druckenergie in Strömungsenergie bewirkt, sowie schließlich ein Drehmoment an der Laufradwelle, wie bei einer Wasserturbine, hervorruft. In den Abbildungen ist der Verlauf der Strömung vom Laufrad durch die Leitvorrichtung und von dieser zum Laufrad zurück durch die Buchstaben *a*, *c*, *b* bezeichnet. Eine erste Ausführung dieser Turbine befindet sich bei der AEG in Berlin im Versuchsbetrieb; sie wird mit ähnlich niedrigen Drehzahlen betrieben wie Wasserturbinen ist aber auch auf niedrigere Leistungen beschränkt als Dampfturbinen.

Die Ausbildung der STAUBER-Turbine hat eine ganze Reihe neuer und überraschender Probleme gezeitigt, deren Lösung hohe Ansprüche an den Erfindungsgeist und die Gestaltungskraft des Konstrukteurs stellte. Der Grundgedanke verbindet in glücklicher Weise die Energieerzeugung durch Verbrennung innerhalb der Turbine mit der notwendigen Rad- und Schaufelkühlung und vermeidet so die wesentlichen Schwierigkeiten der bisherigen trockenen Gasturbinen. Es ist zu wünschen, daß alle Mittel aufgewendet werden, um diese

Turbine zu einer brauchbaren Wärmekraftmaschine zu entwickeln, damit die Tatkraft und Ausdauer ihres Erfinders mit dem verdienten Erfolge gekrönt wird.

Wie weit der Fortfall der Kessel bei günstigster Entwicklung der Gasturbine gestatten wird, eine geringere Wirtschaftlichkeit solcher Turbinen im Vergleich mit Dampfturbinen in den Kauf zu nehmen, kann heute noch nicht beurteilt werden. Die neueren Verbesserungen auf dem Gebiete des Dampfturbinenbaues im Zusammenhang mit den Bestrebungen, Hochdruckdampf zu verwenden, vermindern allerdings für die nächste Zukunft die Aussichten der Gasturbinen, zugleich mit denen der Großgasmaschinen, die heute fast allgemein zur Ausnutzung von Abfallgasen verwendet werden.

Bisher hat man bei den Dampfturbinen der Ausbildung des Niederdruckteils, der besonders die Spannungen unter 1 Atm. bis zum Kondensatordruck auszunutzen hat, wesentlich mehr Beachtung geschenkt als der Entwicklung des Hochdruckteils. Während man beim Niederdruckteil durch eine große Zahl von Lauf- und Leitapparaten fast allgemein eine allmähliche Druckabstufung und damit hohe Wirtschaftlichkeit erreichte, glaubte man bei der Ausnutzung der höheren Dampfdrücke, besonders der Anfangsspannung des Dampfes, weitgehende Umsetzung der Druck- in Geschwindigkeitsenergie vor dem Eintritt in das erste Laufrad nicht entbehren zu können, um innerhalb des Turbinengehäuses nur mit mäßigen Drücken und Temperaturen auszukommen und die Beanspruchung aller Bauteile der Turbine niedrig zu halten.

Die Hauptausnutzung des Hochdruckgefälles ist daher selbst bei mehrrädrigen Dampfturbinen dem ersten Turbinenlaufrade oder dem ersten Paar von Laufrädern zugeschoben worden, so daß besonders bei Teilbelastungen ein verhältnismäßig schlechter Wirkungsgrad die Folge war. Die hohen Strömgeschwindigkeiten, welche mit der weitgehenden Umsetzung der Druck- in Geschwindigkeitsenergie verbunden waren, ergaben höhere Widerstände.

Das Bestreben, hohe Strömgeschwindigkeiten zu verwenden, ist durch theoretische Überlegungen unterstützt worden, welche auf unzureichende Versuche aufgebaut waren und zu dem Ergebnis führten, daß der höchste Wirkungsgrad erst bei Überschreitung der Schallgeschwindigkeit erreicht werden könne. In neuester Zeit hat die bemerkenswerte Dampfturbine der *Ersten Brünner Maschinenfabriks-Gesellschaft* (LÖSEL-*Turbine*) den Beweis erbracht, daß man hohe Dampfspannungen nur bei niedrigen Strömgeschwindigkeiten wirksam ausnutzen kann, und daß zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades nur eine mäßige Umsetzung von Druck- in Strömungsenergie im Hochdruckteil, besonders für die ersten Laufräder, zweckmäßig ist. Das Druckgefälle im Hochdruckteil wird bei dieser Turbine auf eine größere Zahl von gleichen Laufrädern verteilt, die im Mittel mit Strömgeschwindigkeiten von etwa 100 m/s arbeiten.

Versuche an ausgeführten Turbinen dieser Bauart haben gezeigt, daß ihr Brennstoffwirkungsgrad sehr günstig ist und dem von hochwertigen Kolbendampfmaschinen gleichkommt. Je höher die Eintrittsspannung des Dampfes ist, desto größer wird das im Hochdruckteil ausnutzbare Wärmegefälle, und desto wichtiger wird es, daß der Wirkungsgrad derartiger Turbinen möglichst hoch ist. Denn erst dann kommen die Vorteile hoher Dampfspannung wirkungsvoll zum Ausdruck, besonders dadurch, daß mit der Dampfspannung die Leistung nahezu proportional der Steigerung des Wärmegefälles ansteigt.

In wesentlich anderer Weise als die Brünner Fabrik sucht die Firma BROWN, BOVERI & CIE. Hochdruckdampf von 100 Atm. in Dampfturbinen wirksam zu machen. Sie arbeitet mit möglichst wenigen kleinen Rädern von mäßiger Umfangsgeschwindigkeit (bis etwa 160 m/s), aber bei hohen Drehzahlen (bis etwa 8000 Uml./min), um Dampfspannungen von 100 Atm. auf den Gegendruck von 10—20 Atm. zu bringen. Die Kupplung mit den zugehörigen elektrischen Maschinen muß wegen deren geringerer Drehzahl durch Zahnradvorgelege erfolgen. Die kleinen, zumeist einseitig fliegend gelagerten Laufräder der Dampfturbinen ergeben kleine Reibungswege des Dampfes, und es soll auf diese Weise die Wärmeausnutzung gegenüber den bisherigen Gegendruckturbinen wesentlich verbessert werden. Über Versuche mit solchen Turbinen ist aber noch nichts bekannt geworden.

Die Ausbildung von Hochdruckturbinen erlangt besondere Wichtigkeit in den Fällen, wo es sich darum handelt, die Leistungsfähigkeit vorhandener Dampfkraftwerke zu steigern. Es ist dann wesentlich wirtschaftlicher, anstatt die alte Anlage im hergebrachten Stil durch Hinzufügung einer neuen Dampfturbine mit Kessel für die bisherigen Dampfdrücke von 10—20 Atm. zu vergrößern, eine Hochdruckdampfanlage für Drücke von 100 Atm. und mehr vorzuschalten und den Hochdruckdampf in einer besonderen Gegendruckturbine bis auf die Dampfspannung der alten Anlage auszunutzen.

Der Betrieb der Hochdruckturbine setzt einen brauchbaren Hochdruckdampfkessel voraus.

Auf die Bestrebungen, Dampfkessel für hohe Drücke zu bauen, brauche ich nicht näher einzugehen, da in der letzten Zeit hierüber viel veröffentlicht worden ist. Zur Ausgestaltung solcher Hochdruckkessel benutzt man meistens die bisherigen Bauarten von Kesseln, schlägt aber auch neue Wege ein, die vor allem darauf hinzielen, die mit den hohen Pressungen zunehmenden Explosionsgefahren nach Möglichkeit herabzumindern.

Erfahrungen mit Hochdruck liegen namentlich auf dem Gebiete der Kaltpressungen vor. Bei hydraulischen Pressen und Hebezeugen werden

viele hundert Atmosphären ohne Schwierigkeit beherrscht. Ganz anders aber ist es, wenn neben dem hohen Druck auch noch hohe Temperatur, bis zu mehreren 100° C, in Frage kommt. Hierüber liegen bisher Erfahrungen in größerem Maßstabe nur aus der chemischen Technik vor. Ich erinnere an die Arbeiten von HABER und der *Badischen Anilin- und Sodafabrik* auf dem Gebiete der Stickstoffgewinnung aus Luft, wo Pressungen von etwa 200 Atm. bei Temperaturen von etwa 500° zu beherrschen sind. Ähnlich schwierige Betriebsbedingungen hat die chemische Industrie auf dem Gebiete der Ölspaltung und der Veredelung schwerflüchtiger Öle zu Benzin zu bewältigen. Diese Arbeiten haben für die Energiewirtschaft im allgemeinen große Bedeutung, da sie dahin führen sollen, Kohle in flüssige Brennstoffe zu verwandeln.

Die zur Energieerzeugung verwendete Kohle wird in der Hauptsache zur Kesselheizung und Dampferzeugung auf dem Rost verbrannt. Nur besonders geeignete Kohlen werden verschwelt oder vergast; dabei ergeben sich brennbare Gase sowie Teere, aus denen man durch Destillieren, ähnlich wie aus dem Erdöl, verschiedene Leicht- und Schweröle sowie wertvolle chemische Verbindungen für die Farbstoff- und pharmazeutische Technik gewinnt.

Kohlenfeuerungen sind in der Regel schlecht regelbar. Der Dampfkesselbetrieb ist daher möglichst gleichmäßig durchzuführen, wenn er wirtschaftlich sein soll; durch unregelmäßige Dampfentnahme kann er gestört und der Kesselwirkungsgrad verschlechtert werden. Daher werden in neuester Zeit große Dampfspeicher verwendet, um die Folgen stark schwankender Dampfentnahme auszugleichen und die Wirtschaftlichkeit des Dampfbetriebes zu erhöhen, ein Weg, der bei der zumeist notwendigen Größe der Speicher mit großen Anlagekosten verbunden ist und deshalb, besonders in der jetzigen Zeit, nur selten beschritten wird.

Man könnte auch ohne solche Speicher die Wirtschaftlichkeit der Dampfbetriebe wesentlich verbessern, wenn es gelänge, die Kohlenfeuerungen regelbar zu machen und ihren Betrieb der veränderlichen Dampfentnahme schneller anzupassen. Ein aussichtsreicher Weg hierzu ist die Ausbildung der Kohlenstaubfeuerungen, aber noch besser wäre es, die Kohlen möglichst vollständig zu verbrennen. Denn Ölfeuerungen sind, wie Gasfeuerungen, ausgezeichnet regelbar und allen Anforderungen an Veränderlichkeit der Energieabgabe gewachsen.

Die Arbeiten der chemischen Technik auf dem Gebiete der Brennstoffveredlung, zunächst die Umwandlung von minderwertigen flüssigen Brennstoffen in hochwertige leichtflüchtige, sind energiewirtschaftlich jedenfalls von größter Bedeutung. Im besonderen ist die Erzeugung von Benzin bei dem täglich wachsenden Umfang des Kraftfahrbetriebs außerordentlich wichtig. Wenn auch augenblicklich infolge der Erbohrung neuer benzinreicher Erdölquellen in Kalifornien der Benzinpreis stark heruntergegangen ist, so ist doch mit Sicherheit zu erwarten, daß beim weiteren Anwachsen der Automobilindustrie wieder Mangel an Benzin eintreten wird, dem nur durch besondere chemische Verfahren zur Veredlung minderwertiger Öle abgeholfen werden kann.

In Amerika hat man Verfahren entwickelt, um aus dem rohen Erdöl wesentlich mehr Benzin zu erzeugen, als es beim einfachen Destillationsverfahren bisher möglich war. Das Rohöl wird bei Pressungen von 10—20 Atm. destilliert und liefert dabei ungefähr doppelt soviel Benzin als bei den üblichen Verfahren. Dieses sog. „Kracken" des Öls wird in Kesseln, ähnlich den gewöhnlichen Dampfkesseln, durchgeführt und das Rohöl darin bis auf etwa 450° C erhitzt. Hierbei ergeben sich Schwierigkeiten dadurch, daß im Innern des Kessels Verkokungen des Rohöls eintreten, die gefährlichen Wärmestau in den Wandungen und schließlich Brüche und Explosionen der Kessel herbeiführen, ähnlich wie der Ansatz von Wasserstein an den Wandungen der Dampfkessel.

Die Koksbildung bei der Ölerhitzung kann nur dann sicher verhütet werden, wenn das Öl im Beisein von Wasserstoff unter höherem Druck und bei höherer Temperatur behandelt wird. Eine in dieser Weise betriebene Brennstoffveredlungsanlage ist in Deutschland gebaut worden (Bergin-Anlage Rheinau bei Mannheim) und hat in wochenlangem Dauerbetriebe bei Pressungen zwischen 100 und 150 Atm. und Temperaturen zwischen 450 und 500° C gearbeitet, ohne daß die hohen Pressungen und Temperaturen irgendwelche wesentlichen Anstände an den Apparaturen ergeben hätten.

Die Anlage ist so angeordnet, daß die Apparaturen, in denen die Hochdruckreaktionen vor sich gehen, in Räumen untergebracht sind, die nicht betreten werden dürfen, und daß die Beherrschung und Regelung des Betriebs von einer entfernten Stelle aus erfolgt, wo die Temperatur- und Druckmeßvorrichtungen vereinigt und die Regelventile angebracht sind, die zur Veränderung der Betriebsbedingungen betätigt werden müssen.

Mit den Bestrebungen der chemischen Technik hängen wesentliche Fragen der heutigen Energiewirtschaft auf dem Gebiete des Kraftfahrwesens zusammen. Die Not der Zeit zwingt heute dazu, zum Betriebe von Nutzfahrzeugen, wie Lastwagen, Booten usw., Schweröle zu verwenden. Dies geschieht in der Regel so, daß man den nur für Leichtöle geeigneten Vergasermaschinen Betrieb mit Schweröl zumutet und dazu künstliche Mittel benutzt, ohne die Maschine selbst dem neuen Brennstoff entsprechend auszubilden.

Ich erinnere in diesem Zusammenhang an die Zeiten, wo man von Dieselmaschinen verlangte, daß sie auch mit den schwersten Rückständen der Erdöl- und Steinkohlenteerdestillation, ja selbst mit minderwertigen Teeren betreibbar wären. Hieraus erwuchsen schwere Mißerfolge, und heute

findet man nur noch wenige Maschinen, die etwa mit Steinkohlenteer betrieben werden.

Nichtsdestoweniger geht man jetzt mehr und mehr dazu über, die Vergasermaschinen mit den schwersten Treibölen zu speisen. Dies kann nur mit sehr beschränktem Erfolg geschehen, und bei Verwendung solcher Brennstoffe wird in der Regel die Leistungsfähigkeit und der Brennstoffverbrauch verschlechtert. Man kann hier die Frage aufwerfen, ob es nicht viel zweckmäßiger wäre, die minderwertigen schweren Treiböle erst in der chemischen Retorte in leichtflüchtige, besser geeignete umzuwandeln, als die Maschinen mit ungeeigneten Brennstoffen zu betreiben. Wenn es wirklich gelänge, eine raschlaufende Vergasermaschine auszubilden, welche Schweröle genau so vollkommen verarbeitet, wie die heutigen Automobilmaschinen Benzin, dann würde vermutlich das Schweröl gegenüber dem Benzin so teuer werden, daß hierdurch der errungene Vorteil zum größten Teil wieder verloren ginge. Durch richtige chemische Behandlung der rohen Brennstoffe könnte man aber jedwedem Bedürfnis der brennstoffverwertenden Motorenindustrie gerecht werden.

Auf Grund der Erfahrungen mit den Hochdruck betrieben der brennstoffveredelnden chemischen Industrie glaube ich aussprechen zu können, daß es sicher gelingen wird, einen brauchbaren Dampfkessel für Spannungen von 100 atm. und mehr zu schaffen; ich möchte aber davor warnen, solche Kessel einfach durch verstärkte Ausführung der bisher üblichen Kesselbauarten zu entwickeln, deren Mängel bei den hohen Pressungen in wesentlich stärkerem Maße fühlbar werden würden.

Zur Dampferzeugung erhitzt man in den bisherigen Kesseln den Wasserinhalt durch Feuerungen, aber die Dampfbildung geht selbsttätig vor sich, und die Strömung innerhalb des Kessels an den wärmeübertragenden Wandungen ist unsicher und nicht zwangläufig beherrschbar. Um einen wirksamen Wasserumlauf zu erzielen, muß bei Steilrohrkesseln zwischen dem Inhalt der Fallrohre und der Steigrohre ein ausreichend großer Gewichtsunterschied bestehen; eigentlich müßte die Dampfbildung nur in den Steigrohren, nicht aber auch in den Fallrohren stattfinden. Wesentlich ist, daß die sich bildenden Dampfblasen in den Steigrohren möglichst wenig Widerstand gegen das Aufsteigen nach den Oberkesseln finden. Je höher die Dampfspannung wird, desto kleiner werden die Dampfblasen, und desto schwerer steigen sie innerhalb der Druckflüssigkeit auf. Macht man die Steigrohre möglichst steil, dann wird der Ausgleich der Wärmespannungen in diesen Rohren schwierig. Führt man die Rohre aber in Krümmungen oder Schlangen, dann erschwert man den Aufstieg der Dampfblasen und auch die Reinigung der Rohre von etwa anhaftendem Wasserstein. Jedenfalls ist bei der Entwicklung der jetzigen Steilrohrkessel zu Hochdruckkesseln größte Vorsicht geboten, wenn man nicht schwere Rückschläge erleiden will.

Von verschiedenen Seiten sind daher vollständig neue Vorschläge für Einrichtungen zur Dampferzeugung gemacht worden, doch liegen Betriebsergebnisse, die ein einwandfreies Urteil ermöglichen, noch nicht vor.

Zum Teil strebt man bei diesen Neuerungen die Verringerung der Explosionsgefahr durch Verkleinerung der Kesselräume an. Ausreichend großer Wasserinhalt ist aber mit Rücksicht auf veränderliche Energieentnahme aus dem Kessel unbedingt notwendig. Wichtig ist ferner, die zur Dampferzeugung erforderliche Wärmeaufnahme an möglichst ungefährliche Stellen zu legen, dabei die Reinheit der Wandungen an der wärmeabführenden Seite zu sichern und die Strömung auf dieser Wandseite zwangläufig zu gestalten. Die Spannungen in den Wänden der Kesseltrommeln müssen in jeder Phase des Betriebs zuverlässig auf das zulässige Maß begrenzt werden können. Derartige Kesselteile müssen somit vor dem Einfluß starker Wärmezuführung durch die Wandungen von außen her geschützt werden; das heißt: sie dürfen nur als Speicher, nicht als Wärmeaustauscher wirken.

Den größten Einfluß wird der neue Hochdruckdampfbetrieb auf die Erzeugung großer Leistungen zur elektrischen Kraftübertragung in Städten, in Berg- und Hüttenwerken und im Schiffsbetrieb üben. Die schweren Kolbengasmaschinen großer Leistung, die in Hüttenwerken mit Gichtgasen zur Erzeugung elektrischer Energie oder zum Gebläseantrieb betrieben werden und die mit ihren schweren Triebwerken nur bei geringer Umlaufgeschwindigkeit dauernd betriebsfähig sind, werden in Zukunft in der Hochdruckdampfturbine eine ernstliche Mitbewerberin erhalten; denn es wird wahrscheinlich einfacher und wirtschaftlicher sein, die Abfallgase unter Hochdruckkesseln zu verbrennen und Hochdruckdampf für Dampfturbinenbetrieb zu erzeugen, als Großgasmaschinen zu betreiben.

Die Ausbildung der betriebssicheren und wirtschaftlich arbeitenden Gas- oder Ölturbine wird durch den Hochdruckdampfbetrieb wahrscheinlich schwer gehemmt werden. Denn selbst wenn in nächster Zeit eine einfache, betriebsbrauchbare und leistungsfähige Gasturbine entwickelt wird, so wird sie doch nur dann ausgedehntere Verwendung finden können, wenn ihre Wärmewirtschaftlichkeit nicht zu sehr hinter der moderner Dampfturbinen zurückbleibt. Nur für mäßige Leistung wird die Dieselmaschine neben der Hochdruckkolbendampfmaschine lebensfähig bleiben, und im Kraftfahrzeugbetriebe wird die raschlaufende Vergasermaschine weiter das Feld beherrschen.

Hochdruckdampfbetrieb bei hohen Temperaturen verlangt aber eine ganz andere Art der Beaufsichtigung und Nachprüfung des Betriebs, als bisher üblich war. Es wird notwendig, Dampferzeugung und Dampfströmung an allen Stellen der Hochdruckmaschinen und -apparaturen durch

Messen von Druck und Temperatur sowie der Dampfmenge genau zu verfolgen. Denn Verluste durch Undichtheiten, durch mangelhafte Ausführung und unzweckmäßige Anordnung von Leitungen und Armaturen sowie durch schlechte Isolation werden von wesentlich größerer Bedeutung sein und gefährlichere Folgen haben können als bisher.

Schon in den heutigen Betrieben zeitigt der Mangel einer ausreichenden Kontrolle viele Nachteile. Es gibt noch große Dampfbetriebe, wo kein Dampfmesser verwendet wird, und wo die Leitungsverluste durch undichte Flanschverbindungen, durch mangelhafte oder schadhafte Isolierung, durch unzureichende Dampfüberhitzung sehr groß sind. Wie schon erwähnt, ist wiederholt festgestellt worden, daß in Bergwerken mit weitverzweigten Druckluftleitungen die Luft- und Energieverluste durch undichte Rohrverbindungen, durch falsch gewählte Rohrquerschnitte, durch unzweckmäßige Absperr- und Regelorgane einen großen Teil der verfügbaren Kompressorleistung aufzehren, und oft wäre es zweckmäßiger, statt der Aufstellung immer neuer Kompressoranlagen erst die vorhandenen Leitungen zu verbessern und die Druckverluste zu verringern.

Bei Hochdruckbetrieben wird man auf derartige Mängel der Ausführung besonders genau achten müssen, weil daraus bei ihnen sofort sehr große Verluste erwachsen. Die Leitungsstränge wird man in kurzen Abständen auf Druck und Temperatur dauernd überwachen müssen. Es werden möglichst wenig Rohrverbindungen zu gebrauchen sein, da jede Dichtungsstelle, jede Verschraubung Schwierigkeiten verursacht und zu Druckverlusten führen kann. Man wird möglichst nur geschweißte Leitungen verwenden, denn es ist nicht schwierig, ein unbrauchbar gewordenes Leitungsstück durch Zerschneiden mit den bekannten Sauerstoff- oder anderen Schneidbrennern aus der Rohrleitung herauszuschneiden und durch Schweißen ein neues Rohrstück einzufügen. Die Rohre müssen für Betrieb mit hohem Druck und hohen Temperaturen mit großer Erfahrung geführt werden, wenn unzulässige Spannungen vermieden werden sollen.

Die heißen Leitungen und Gefäße für Hochdruckdampf müssen wesentlich besser isoliert werden als die für niedrig gespannten Dampf. In diesem Zusammenhange ist es sehr zu begrüßen, daß der Untersuchung der Isolierstoffe und der Isolierverfahren in neuerer Zeit mehr Aufmerksamkeit zugewendet wird als früher, und daß in München ein eigenes wissenschaftliches Institut dafür errichtet worden ist. Aber viele haben keine Vorstellung davon, welche ungeheuren Wärmeverluste heute noch durch mangelhafte Isolierung entstehen, und es wird nicht genügend beachtet, daß die Kosten wirksamer Isolierung in kurzer Zeit durch die Energieersparnis hereingebracht werden.

Auf die richtige Ausführung und Anordnung der Armaturen und Meßeinrichtungen für Hochdruckdampf wird besonders zu achten sein, denn die bisherigen Ausführungsformen von Ventilen, Schiebern usw. werden im Hochdruckbetriebe versagen. Gegossene Gehäuse werden nur bei sorgfältigster Ausführung in hochwertigem Stahlguß verwendbar sein; in der Hauptsache werden die Armaturen aus dem vollen Stahlmaterial heraus gearbeitet werden müssen. Die Meßeinrichtungen, wie Manometer, Wasserstandsanzeiger, Mengenmesser, müssen den Anforderungen des Hochdruckbetriebs gemäß vollständig neu durchgebildet werden.

Man erkennt, daß an den Konstrukteur von Hochdruckdampfanlagen sehr hohe Anforderungen zu stellen sind, und daß diese neue Technik neue technische Mittel, ja einen neuen technischen Geist erfordert, wenn sie lebensfähig gemacht werden soll.

Die Hochdrucktechnik hat bisher nur in der chemischen Industrie ausgedehntere Anwendung gefunden, und zweifellos wird diese Industrie auch in der Zukunft durch das Arbeiten mit Hochdruck und hoher Temperatur zu neuen Erfolgen geführt werden. Ihre führenden Männer haben den immer neuen Aufgaben, die der chemischen Technik erwuchsen, stets volles Verständnis entgegengebracht und die auf den Fortschritt gerichteten Arbeiten durch Aufwendung großer Mittel unterstützt.

Auf wirkungsvolles Zusammenarbeiten mit der Maschinentechnik wird die chemische Industrie in Zukunft noch viel mehr Wert legen müssen als bisher, und umgekehrt sollte der Maschineningenieur dem Fachgebiete Chemie weit mehr Interesse zuwenden, als er es bisher getan hat. Ich komme damit zu der Frage der Ausbildung unseres jungen Nachwuchses auf dem Gebiete des Maschinenbaues. Künftig wird der junge Maschineningenieur neben gründlichen Maschinenfachkenntnissen ein großes Maß physikalischer und chemischer Kenntnisse sein eigen nennen müssen, damit er fähig ist, die Anforderungen der modernen chemischen Großindustrie zu erfüllen. Vor allem muß er sich mit der Chemie der Kohlenwasserstoffe, mit dem Chemismus des Verbrennungsvorgangs und mit den allgemeinen Gesetzen der chemischen Reaktionen vertraut machen, wenn er auch die Einzelheiten der Vorgänge theoretisch nicht zu beherrschen braucht. Aber auch allgemein ist die Frage aufzuwerfen: Ist der heutige Maschinenbauunterricht an den Technischen Hochschulen geeignet, die Forderungen der modernen Energiewirtschaft und der Hochdrucktechnik zu erfüllen?

Der Unterricht an den Technischen Hochschulen setzt sich heute vor allem zum Ziel, den Studierenden mit einem umfangreichen theoretischen Rüstzeug zu versehen, das ihn befähigt, die schwierigsten Rechnungen auszuführen. Leider wird neben dem theoretischen Unterricht die Gestaltungslehre, die Lehre, welche den jungen Ingenieur in das verantwortliche technische Denken und Schaffen einführt, nicht in gleich wirkungsvoller Weise gepflegt. Es wird dem Studierenden auf der Hoch-

schule zu wenig gesagt, daß der Ingenieur in der Praxis wohl ein ausgiebiges Rechnungsrüstzeug braucht, um seine Arbeiten, die doch die Gestaltung zum Zweck haben, nachprüfen zu können, daß aber die Rechnung nie dazu führen kann, Neues zu schaffen. Dazu gehört Gestaltungsfähigkeit und Erfahrung. Richtig, der Wirklichkeit entsprechend rechnen kann nur der erfahrene Ingenieur. Nur der kann beurteilen, ob die einer Rechnung, einer Gleichung, einer Formel zugrunde liegenden Annahmen auf den Anwendungsfall zutreffen. Denn nur dann hat die Anwendung einer Rechnungsformel, einer Theorie Berechtigung.

Grundlage jeder Theorie sollte die Erfahrung und der wissenschaftliche Versuch sein. Auch diese muß den Bedingungen des praktischen Betriebs entsprechen, wenn seine Ergebnisse zur Aufstellung einer brauchbaren Theorie benutzt werden sollen. Die Praxis muß verlangen, daß der junge Maschineningenieur im Hochschulunterricht über die Tragweite von Theorie und Rechnung belehrt und zu ihrer richtigen Anwendung angeleitet wird. Das kann nur geschehen, wenn der Unterricht von vielseitig erfahrenen Lehrern erteilt wird, die sich selbst schon als Gestalter bewährt haben. Wird die praktische Ausbildung der Ingenieure in die Zeit ihrer Anfangstätigkeit in der Industrie verlegt, so besteht die Gefahr, daß Spezialisten ausgebildet werden, die für den Übergang in andere Fachgebiete unbrauchbar sind. Diese Art der Ausbildung würde auch dadurch unfruchtbar werden, daß die nur theoretisch vorgebildeten Ingenieure, die also eigentlich nur technische Physiker oder technische Mathematiker sind, Anschauungen in die Praxis mitbringen, die ihnen selbst und der Industrie zum Schaden gereichen und von denen sie erst durch jahrelangen Umgang mit der Wirklichkeit geheilt werden können.

Nur wenn die Hochdrucktechnik hochwertigste Materialien und beste Konstruktionen, aufgebaut auf wissenschaftlichen und praktischen Erfahrungen, verwendet, wird sie den von ihr erwarteten Fortschritt in der Energiebewirtschaftung bringen. Hierzu müssen wir in Deutschland das richtige Feld schaffen. Die Industrie muß dazu helfen, den Bau von Hochdruckanlagen durch Aufträge zu ermöglichen, damit die notwendigen praktischen und wissenschaftlichen Erfahrungen gesammelt werden. Die Hochschulen müssen durch einen wirklichkeitsgerechten Unterricht, der von erfahrenen und verantwortlich schaffenden Lehrern erteilt wird, Ingenieure heranziehen, die nicht nur viel wissen, sondern auch viel können; mit Hilfe solcher Ingenieure werden die schwierigen Aufgaben der Hochdrucktechnik technisch und wirtschaftlich gelöst werden.

Waldverwüstung im Orient.

Von K. KRAUSE, Berlin-Dahlem.

Fast überall findet man im Mittelmeergebiete Beweise für eine oft geradezu sinnlose Zerstörung des Waldes durch den Menschen. Für Spanien, Italien und Griechenland ist die Ausdehnung dieser Waldverwüstung und ebenso die verhängnisvolle Wirkung, die sie vielfach gehabt hat, schon seit langem bekannt; aber auch in vielen Teilen des noch weniger gut durchforschten Orients hat man sie neuerdings in gleichem oder sogar noch größerem Umfange festgestellt, und ich selbst habe mich auf mehreren Reisen im Orient, von denen die letzte im Winter und Frühjahr 1925 unternommen wurde, von ihr überzeugen können.

Zumal in Kleinasien hat die Waldvernichtung große Ausdehnung angenommen und sich hier besonders auffällig ausgewirkt, da dieses Land an und für sich großen Wäldern Entwicklungsmöglichkeiten bietet und auch heute noch in entlegenen Gegenden oft dicht bewaldet ist.

Der Waldwuchs hängt in Kleinasien ebenso wie anderorts hauptsächlich von den klimatischen und den Bodenverhältnissen ab, die auf der kleinasiatischen Halbinsel so beschaffen sind, daß besonders die Randgebiete für den Wald günstige Bedingungen aufweisen. Bekanntlich stellt das innere Anatolien eine große, eintönige Hochebene dar, die auf drei Seiten, im Norden, Süden und Osten, von hohen Gebirgen umgeben ist, die im Norden und Süden steil zum Meere abfallen und nur einen schmalen Küstensaum übrig lassen. Im Westen fehlt dieser scharfe Absturz, die Hochebene geht hier allmählich in ein niedriges, bergiges Vorland über, und zahlreiche Gebirgszüge vermitteln einen sanfteren Abfall zum Meere. Mit diesem Aufbau hängen eng zusammen Klima und Vegetation. An den hohen Randgebirgen des Nordens schlägt sich die vom Schwarzen Meer herübergewehte Feuchtigkeit in Menge nieder, und reichliche Regenfälle während des ganzen Jahres ermöglichen üppigen Pflanzenwuchs. So stellt der ganze Norden Kleinasiens, vom Südrande des Kaukasus angefangen bis hin zum Marmarameer, eine große, natürliche Waldprovinz dar, die besonders im Osten, wo die Niederschläge am größten sind, reich entwickelt ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse im Süden. Auch hier schlagen sich die feuchten, vom Meere her wehenden Winde an den Randbergen als Regen nieder und begünstigen die Entwicklung ausgedehnter Wälder. Im Westen fehlen schroff emporragende Randgebirge; der Aufstieg zu dem inneren Hochplateau erfolgt allmählich, so daß die feuchten Seewinde weit in das Innere des Landes eindringen können. Der Waldstreifen ist deshalb breiter, besteht aber entsprechend der Eigenart des hier besonders stark ausgeprägten mediterranen Klimas in den unteren Regionen meist aus Macchiengebüschen, während Hochwald erst in den höheren, gebirgigen Lagen entwickelt ist.

Die zentrale Hochebene des inneren Anatoliens

bietet allerdings Verhältnisse, die dem Waldwuchs nicht günstig sind. Die hohen Randgebirge halten die Feuchtigkeit fern; das Klima ist infolgedessen sehr trocken. Überdies enthält der Boden des vielfach abflußlosen Plateaus häufig Salz, so daß auch aus diesem Grunde die Vegetation meist nur eine sehr spärliche ist. So hat das innere Kleinasien wohl stets Steppencharakter besessen. Tatsächlich wissen wir bereits von STRABO, daß es schon zu seiner Zeit zum größten Teil unbewaldet war. Vor allem galt dies für die sog. Oropedien, die holzlosen Bergebenen Kappadoziens und Lykaoniens. Ebenso ging der Zug der Zehntausend durch weite, kahle Einöden. Axylos Chora nannten sie das Land, und dieselbe Bezeichnung führte es noch, als es der Konsul Cneus Manlius im Jahre 190 v. Chr. auf seinem Feldzuge gegen die Galater durchquerte. Schwer hatten später auch die Kreuzfahrer unter dem trostlosen Charakter der endlosen Einöden zu leiden; besonders die Gegend von Konia, dem alten Iconium, zeichnete sich durch Dürre und Unwirtsamkeit aus; und so ist es bis heute geblieben. Eine Ausnahme machen nur die Gebirgsstöcke, die der zentralen Tafel aufgesetzt sind. Ihre Gipfel sind vielfach bis weit in den Sommer hinein mit Schnee bedeckt, und die abfließenden Schmelzwasser ermöglichen zumal in Schluchten und Tälern eine reichere Vegetation.

Ganz allgemein kann man demnach Waldungen in Kleinasien im Süden, Westen und Norden sowie auf den Gebirgen des Inneren erwarten. Wie sieht es nun in Wirklichkeit aus? Es zeigt sich, daß die ursprünglichen Wälder in den am dichtesten bewohnten Gebieten am meisten eingeschränkt sind. Im westlichen Kleinasien, das schon im Altertum stark bevölkert war, macht sich auch die Waldverwüstung am deutlichsten bemerkbar. Leider besitzen wir über die Ausdehnung der antiken Wälder des westlichen Kleinasiens keine genauen Angaben. Wir wissen nur, daß sie in großem Umfange zur Gewinnung von Brennholz, von Holzkohle, von Bauholz für Häuser und Schiffe, zur Harzbereitung, sowie für andere Zwecke verwertet wurden. Sicher war der Holzverbrauch in dem dichtbevölkerten Lande, das viele menschenreiche Städte, darunter Großstädte wie das alte Milet mit mehr als hunderttausend Einwohnern, trug, ein recht beträchtlicher; und zweifellos war die Entwaldung Kleinasiens schon im Altertum weit vorgeschritten. Sie nahm ihren Fortgang im Mittelalter, vor allem, als die aus den Osten kommenden Türkenvölker das Land in Besitz nahmen. Denn ihre an ein Nomadenleben gewöhnten Stämme brauchten Weiden für ihre Herden. Der Wald war ihnen hinderlich; sein Bewohner galt ihnen geradezu als ein Mensch zweiter Klasse, und rücksichtslos wurden die Forste durch Feuer und Axt zerstört. Weidende Schaf- und Ziegenherden verhinderten durch ständiges Abfressen aller erreichbaren Zweige, Blätter und Knospen, daß der Wald wieder nachwuchs. Auch die jungen Schößlinge aus noch entwicklungsfähigen Wurzeln abgeholzter oder niedergebrannter Wälder wurden immer wieder von neuem vernichtet. So wurden die Bäume ausgerottet; aber mit ihnen verschwand noch mehr. Der krautige, den Waldesschutz und Schatten gewöhnte Unterwuchs fand nicht mehr geeignete Lebensbedingungen und ging ein. Der humöse, dem prallen Sonnenschein ausgesetzte Waldboden trocknete aus; der schützenden Pflanzendecke beraubt, wurde er im Winter von heftigen Regengüssen fortgespült, und der kahle, nackte Fels trat zutage. Wenn wirklich versucht wurde, auf dem verarmten Boden neue Gehölze anzupflanzen, war dies meist nicht mehr möglich, höchstens niedriges Gestrüpp konnte sich noch auf ihm entwickeln. Gerade im westlichen Kleinasien dürften sich so vielfach an Stelle früherer Hochwälder jene immergrünen Macchiengebüsche entwickelt haben, die wir noch heute dort antreffen. Oft war aber auch für sie keine Lebensmöglichkeit mehr vorhanden; die einst bewaldeten Hänge verkarsteten vollständig und waren schließlich nur noch mit Geröll, Felstrümmern und einer dazwischen fast verschwindenden, armseligen Vegetation bedeckt. Vielfach weist jetzt nur noch der Name einer Ortschaft, so die oft wiederkehrende türkische Endung „ghatsch" oder „atsch", gleich Baum, auf frühere Wälder hin; heute gehören fast alle diese Orte völlig baumlosen Gegenden an. Auch die Ruinen des alten Kolophon, südlich von Smyrna, das einst wegen seines großen Handels mit Harz bekannt war, liegen jetzt inmitten einer trostlosen Karsteinöde; die Nadelwälder, die es früher umgaben und sein wichtigstes Handelsprodukt lieferten, sind völlig vernichtet; und so verhält es sich an vielen anderen Stellen. Natürlich ist es nicht möglich, zahlenmäßige Angaben über die Waldverwüstung im westlichen Kleinasien zu machen; daß ihr Umfang aber ein ganz bedeutender ist, weiß jeder Kenner des Landes.

Ähnlich liegen die Verhältnisse im Norden Kleinasiens. Auch hier ist das ursprüngliche Waldgebiet von großen Lücken durchbrochen, und schon Freiherr VON DER GOLTZ weist in seinen bekannten „Anatolischen Reisebriefen" daraufhin, wie wenig dieses Gebiet seine alte türkische Bezeichnung: aghatsch denisi = Baummeer verdient. Auch hier sind in weitem Umfange ganze Hänge bloßgelegt, und da ein Nachwuchs wegen des ständigen Weidetriebes meist nicht möglich ist, außerdem der einmal freigelegte Boden mehr und mehr seiner natürlichen Erdkrume entblößt wird, so haben sich an Stelle des Waldes steinige Triften entwickelt, die oft nur eine dürftige Flora tragen. Auch da, wo spätere menschliche Einwirkung wegfällt, wächst der einmal geschlagene Wald fast nirgends wieder nach. Denn gerade im nördlichen Kleinasien hat man beobachtet, daß das Unterholz in Waldschlägen auf der feuchten, oft von Regen triefenden Humusdecke des Bodens eine solche Kraft und ein solches intensives Wachstum entwickelt, daß es mit seinem Emporwuchern die

jungen Bäume vollständig erdrückt und ihnen weder Luft noch Licht zur Weiterentwicklung läßt. So treten an die Stelle des Hochwaldes niedrige Gebüschformationen, die große Flächen bedecken und charakteristisch sind für viele Teile des nördlichen Anatoliens.

Im Innern Kleinasiens haben, wie schon gesagt, die Wälder aus klimatischen Gründen niemals so große Ausdehnung besessen wie in den Randgebieten. Immerhin waren auch hier, besonders in den gebirgigen Teilen, Waldungen entwickelt, von denen heute nicht eine Spur mehr vorhanden ist. So kam TOURNEFORT, als er im Jahre 1701 von Brussa nach Angora reiste, in der Gegend von Eski Schehir, wo heute fast alles kahl ist, durch schöne, dichte Wälder. Ebenso zog FELLOWS noch im Jahre 1838 auf dem Plateau von Sultanönü bis in die Nähe von Inönü durch einen großen Wald, von dem jetzt kein Baum mehr steht. Auch der Kara Dagh, nördlich von Karaman, ein schroff aus der Ebene aufsteigender Gebirgsstock, war nachweislich noch im Mittelalter mit großen Eichenwäldern bedeckt; heute ist er vollkommen waldlos; nur dürftiges Gestrüpp bekleidet seine Hänge, und von mehreren Städten, die an seinem Fuße lagen, geben nur noch spärliche Ruinen Kunde.

Ähnliche Zustände wie in Kleinasien finden wir in anderen Teilen des Orients. Die Insel Cypern, deren Waldreichtum STRABO rühmt, wurde schon im Altertum ausgebeutet. Schon lange vor Christi Geburt wurden ihre ausgedehnten Wälder verwüstet, von denen noch ERATOSTHENES berichtete, sie seien so groß, daß sie gar keinen Platz für Feldbau ließen. Die Ägypter holten von ihr Holz, nach ihnen Phönizier und Griechen, und Alexander der Große ließ auf ihr zahlreiche Bäume für Schiffbauten fällen. Das gleiche taten im Mittelalter die Venezianer; so wurde die Insel mehr und mehr entwaldet, und vor allem sind ihre wundervollen Cedernwälder auf einen kleinen Bestand von wenigen tausend Exemplaren ganz im Innern in einer schwer zugänglichen Gegend zusammengeschrumpft. Gerade den Cedern hat man auch sonst im Orient sehr nachgestellt, und die Cedern des Libanon sind gegenwärtig fast gänzlich ausgerottet.

Es ist immer wieder dasselbe Bild, das man im Orient sieht. Unbekümmert um den Nachwuchs werden die noch vorhandenen Wälder zur Gewinnung von Bau- oder Brennholz, zur Herstellung von Holzkohle, zu Weiden oder zu anderen Zwecken ausgeraubt und vernichtet. Niemand denkt an ein Wiederaufforsten. Und wenn man auch nur selten genaue zahlenmäßige Angaben über den Umfang der Waldverwüstung machen kann, weil historische Unterlagen fehlen, so sagt doch der heutige Zustand der Vegetation genug. Unter den Faktoren, die der Pflanzenwelt in den östlichen Mittelmeerländern während der letzten Jahrtausende ihr charakteristisches Gepräge gegeben haben, steht der Mensch mit an erster Stelle, und seine große Bedeutung für die Vegetation eines Gebietes kann man wohl nirgends besser studieren als in diesen uralten Kulturländern des Orients.

Dabei macht sich der menschliche Einfluß nicht nur unmittelbar in einem Rückgang der Bewaldung bemerkbar, sondern auch mittelbar sind daran allerhand oft sehr weitgehende Folgen geknüpft. Das Fehlen des Waldes bedingt zunächst ein Verschwinden der Humusschicht, ein Austrocknen des Bodens; das ganze Klima wird trockner, die Temperaturgegensätze werden größer und schroffer, und die gesamte Vegetation paßt sich den geänderten Lebensverhältnissen an; das ganze Land „verkarstet" mehr und mehr. Auch wo es nicht zu einer völligen Entwaldung kommt, wird wenigstens die Zusammensetzung der Wälder durch den Menschen wesentlich beeinflußt. Manche Arten sind gegen Viehverbiß, gegen Brandschaden usw. widerstandsfähiger als andere; sie wachsen schneller wieder nach und gewinnen so im Laufe der Zeit das Übergewicht über ihre empfindlicheren Nachbarn. Vor allem üben die häufigen Waldbrände eine derartige selektive Wirkung aus. Sie entstehen meist durch Hirten- oder Lagerfeuer, noch häufiger aber dadurch, daß man Bäume nicht mit der Axt zu Fall bringt, sondern durch ein Feuer, daß man am Grunde des Stammes anlegt. Fast immer kann man nach solchen Waldbränden oder Buschfeuern, die sich manchmal meilenweit ausdehnen, beobachten, wie sich einzelne Gehölze schneller regenerieren als andere, die entweder gar nicht oder sehr langsam nachwachsen. Jedenfalls tragen auch diese, meist auf den Menschen zurückzuführenden Brände viel zur Vernichtung der ursprünglichen Wälder bei, und manche Erscheinungen im Vegetationsbild, die sich mit den natürlichen klimatischen und Bodenverhältnissen nicht erklären lassen, sind auf sie zurückzuführen.

Bericht über den dritten Internationalen Kongreß für Entomologie (Insektenkunde) in Zürich 1925.

Nach den großen Schwierigkeiten, welche der Boykott der deutschen Wissenschaft unter der französisch-belgischen Initiative in den letzten Jahren erduldet hat, ist die erfreuliche Tatsache zu buchen, daß der erste *internationale Kongreß auf dem Gebiete der Zoologie* (Kongreß für Entomologie) ein Glanzerfolg internationaler Zusammenarbeit war. Dieser III. Internationale Entomologen-Kongreß (Insektenkunde!), zu welchem sich 250 Teilnehmer angemeldet hatten, tagte vom 19. bis 25. Juli. Die Zahl der persönlich anwesenden Teilnehmer betrug 216 aus 20 verschiedenen Ländern, zu welchen noch zwei, Frankreich und Belgien, offiziell hinzuzurechnen wären, da sie Vertreter bzw. Mitglieder zum mindesten *angemeldet* hatten. Die Zahl der offiziellen Delegationen, von welchen manche aus 3 Personen bestanden, betrug

99; davon hatte z. B. das deutsche Reich 3, das Preußische Kultusministerium 2 Vertreter entsandt.

Von generellen Ergebnissen hat der Kongreß außer einer allgemein gehaltenen Resolution für die dringende Notwendigkeit einer stärkeren Betonung der entomologischen Interessen bei den bisher gültigen Nomenklaturbeschlüssen vor allem zwei Forderungen anerkannt. Das eine ist eine dringende Reform dahingehend, daß Lehrstühle für Entomologie und Spezialinstitute für entomologische Bibliographie geschaffen werden müssen, da wir sonst bei der unübersehbaren Zahl der Insekten und deren Bedeutung in nationalökonomischer und hygienischer Hinsicht ins Uferlose kommen; vor allem ist aber die systematische Entomologie als Grundlage der generell-experimentellen und ***vor allem als Grundlage der angewandten Entomologie mehr als bisher zu fördern.*** Aus allen Vorträgen der führenden Entomologen, sei es auf dem Gebiete der medizinischen, landwirtschaftlichen oder forstlichen Entomologie, klang immer dieselbe Forderung heraus, daß es überall in der Welt mit den Erfolgen hapert, wenn man die feinsten Unterschiede der Arten nicht kennt. Wir wissen längst, daß z. B. die Bewohnbarkeit der Tropen zum großen Teil von Insekten abhängt. Wer sich neuerdings mit den Fragen der Schlafkrankheit beschäftigt hat, der weiß, daß nichts Geringeres auf dem Spiele steht, als die Entscheidung, ob man das Großwild usw. in Riesengebieten ausrotten dürfe, um den die Schlafkrankheit übertragenden Fliegen der Gattung *Glossina* die Ernährungsmöglichkeit zu nehmen; oder ob gerade damit nicht die eminenteste Gefahr für die Haustiere und Menschen jener Gebiete geschaffen wird, weil die Möglichkeit zu befürchten steht, daß diese Insekten der Not gehorchend sich umstellen können: Es könnten sich manche *Glossina*-Arten fortan an die Haustiere und Menschen machen, wenn man ihre natürlichen Ernährer beseitigt. Was die Erforschung der Gelbfiebermücke in den Tropen der Neuen Welt geleistet hat, das weiß selbst der einfache Vergnügungsreisende in jenen Gebieten. Die Erforschung der Malaria, der Pest und unzähliger anderer von Insekten vermittelter Krankheiten läuft am Ende immer wieder auf die feinsten systematischen Unterschiede zwischen ganz nahe verwandten Insektenarten hinaus. Noch scheitert es z. B. bei Erforschung der Pest zum großen Teil daran, daß man über die sie vermittelnden Floharten, von denen z. Z. hauptsächlich 3 in Frage kommen, zu wenig weiß. Die Unterscheidung dieser nahe verwandten Insektenarten ist dabei meist so schwierig, daß nur der systematische Spezialist darüber entscheiden kann. Genau dasselbe gilt von der Bekämpfung der großen Schad-Insekten unserer Felder und Wälder. Die bisherige Indifferenz, welche im Gegensatz zu Amerika in Europa gegen systematische Entomologie herrscht, hat sich bitter gerächt: 40% unserer Ernten gehen in Deutschland noch immer durch Insekten zugrunde! Das kommt davon, wenn man die Anschauung hat, das Insektenstudieren sei auf die gleiche Stufe zu stellen wie das Hineinstecken von bunten Schmetterlingen in polierte Glaskästen!

Die 2 Forderungen des Kongresses, welche in der Schluß-Sitzung einstimmig angenommen worden sind, haben den Wortlaut: *Resolution I:*

A. In bezug auf Hochschulen:

1. daß dem Unterricht in systematischer Entomologie an den Hochschulen durch Schaffung von Lehrstühlen für diesen besonderen Zweck Genüge getragen wird und
2. daß wertvolle systematische Arbeit einen Kandidaten zur Erlangung eines wissenschaftlichen Grades befähigen soll.

B. In bezug auf Museen:

3. daß in nächster Zukunft Schritte getan werden, die Zahl der entomologischen, wissenschaftlichen Arbeits- und technischen Hilfskräfte in Museen zu vermehren, und zwar im Verhältnis zur Größe jedes einzelnen systematischen Arbeitsfeldes.
4. Daß bei Ernennung von Verwaltungsbeamten von Museen und ähnlichen Instituten unter anderem auf die Erfahrung in Systematik Rücksicht genommen wird.

C. In bezug auf bibliographische Institute.

5. daß jedes Land ein zentrales Bibliographisches Institut für Entomologie (Bibliothek) haben muß."

Resolution II: „Dieser Kongreß betrachtet es als notwendig, daß die grundlegenden Probleme der angewandten Entomologie studiert werden, und wünscht, die Behörden und Anstalten, welche sich mit angewandt-entomologischen Untersuchungen befassen, darauf hinzuweisen, daß sowohl die Systematik wie die Grundlagen der Physiologie, Ökologie und Pathologie der Insekten betrieben werden müssen, da nur auf diese Weise die Schädlingsbekämpfung auf eine gesunde Basis gestellt werden kann."

Von den einzelnen Vorträgen auf dem Kongreß kann ich an dieser Stelle natürlich nur sehr wenig anführen, da etwa 60 Vorträge gehalten worden sind, von denen mindestens 45 ganz auf der Höhe standen. Am interessantesten werden dem Fernerstehenden die zusammenfassend referierenden Berichte über bestimmte Fragenkomplexe in den einzelnen Ländern sein. Es sprachen in diesem Sinne der Führer der indischen angewandten Entomologie (FLETSCHER), der entsprechende Führer in Ungarn (JABLONOWSKI) und der Führer in Deutschland (ESCHERICH). In einer recht interessanten Sitzung traten gegeneinander 4 Gegner auf: Es handelte sich um Professor POULTON (Oxford), welcher sich *für* nachahmende Schmetterlinge ins Zeug legte. Ihm stand der Holländer VAN BEMMELEN entgegen mit seinen sachlich nüchternen Betrachtungen über die *Entstehung* dieser fragwürdigen „mimetischen" Farben; der Wiener HEIKERTINGER sprach als generell regierender Geist gegen die Frage der Mimikry; zum Schluß nahm der bekannte Jesuitenpater WASMANN eine vermittelnde Stellung ein. Auch im übrigen wurden recht interessante Themata angeschnitten, von welchen folgende angeführt seien: embryologische Untersuchungen, Zwitter-, Entwicklungszyklus und Wanderungen bei Blattläusen, Ameisenkoloniegründung, numerische Verhältnisse der Geschlechter bei Schmetterlingen, Phylogenie von Mücken, Entstehung der Faunengebiete und ihrer Zusammensetzungen, geographische Verbreitung der Insekten der Schweiz (ein sehr viel gebender Vortrag des Rheingauer Psychiaters RIES!), Bananenschädlinge, zoogeographische Verhältnisse bei Wanzen, Larvenzucht interessanter Parasitengäste, bei Ameisen lebende Hymenopteren, Wert der Copulationsorgane hinsichtlich der Unterscheidung von Insektenarten, gefährliche Schild- und Blattlausparasiten, Unterschiede zwischen den Heuschreckenplagen von einst und jetzt, Rübenschädlinge, sozialer Instinkt bei

Raupen, Schmetterlingswanderungen, Geschichte der ältesten Entomologie und Einfluß des Christentums auf dieselbe, Polyederkrankheiten, Verhältnis der systematischen Verwandtschaft von Blatt-minierenden Insekten zu derjenigen ihrer Wirtspflanzen vom Standpunkte der Serodiagnostik, systematische Unterscheidung der die Pest übertragenden Flöhe, vergleichende Anatomie des Insektengehirns und viele Spezialfragen der Entwicklung und Systematik von Insekten.

WALTHER HORN, Berlin.

Besprechungen.

GRUBER, KARL, **Parapsychologische Erkenntnisse.** München: Drei Masken Verlag 1295. X, 330 S. 13 × 19 cm. Preis geh. 8,50, geb. 9,50 Goldmark.

Die parapsychologischen Phänomene, die in Laienkreisen meist als „mediale" oder „okkulte" Phänomene bezeichnet werden, stellen eine Gruppe von rätselhaften Erscheinungen dar, die scheinbar innerhalb des Rahmens unserer heutigen Naturwissenschaft noch keine Erklärung finden können. Sie sind zwar von vereinzelten Gelehrten, unter denen sich auch große Forscher wie CROOKES befunden haben, zum Gegenstand eingehender Studien gemacht worden, im allgemeinen werden sie aber von der überwiegenden Mehrzahl der wissenschaftlich gebildeten Menschen einfach ignoriert, weil man der sicheren Überzeugung ist, daß es sich bei all diesen Erscheinungen um eine Mischung von Schwindel, Aberglaube und durch mangelhafte Überlieferung entstandene Legenden handle. Zwischen der Kategorie der „gläubigen" Forscher und der großen Anzahl der a priori ablehnenden und daher auch völlig uninformierten Gelehrten, die sich über den Gegenstand bloß durch gelegentliche Nachrichten der Tagespresse unterrichten lassen, gibt es noch die kleine Gruppe der kritischen Skeptiker. Wenn man von diesen letzteren erfährt, daß sie sich die Mühe genommen hätten, die einschlägige Literatur zu studieren, daß sie ferner auch selbst ganz unvoreingenommen Versuche gemacht hätten und schließlich auf Grund ihres Studiums und der Versuche zu völlig negativen Resultaten gekommen seien, dann erstarkt natürlich das ohnehin schon vorhandene Widerstreben gegen die ganze Parapsychologie und man ist geneigt alle Versicherungen der als ehrlich anerkannten „Gläubigen" mit dem Bedauern abzulehnen, daß schon wieder einmal ein sonst ganz vernünftiger Mensch auf den Schwindel hineingefallen sei.

Der Münchener Biologe KARL GRUBER vertritt in seinem Buche den Standpunkt der erwiesenen Realität parapsychologischer Erscheinungen. Ref. hätte wahrscheinlich das Buch mit einer abweisenden Geste aus der Hand gelegt, wenn er nicht zufällig durch eigene Experimente mit einem Medium zu den gleichen Ergebnissen gelangt wäre, wie jene, die GRUBER in den betreffenden Kapiteln seines Buches beschreibt, und wenn er nicht im Laufe seiner Untersuchungen außerdem zu folgender Erfahrung rein psychologischer Natur gekommen wäre: Mag ein Gegenbeweis gegen die Realität parapsychologischer Erscheinungen auch noch so lückenhaft und fadenscheinig sein, so wird er doch mit Unterstützung des a priori vorhandenen Unglaubens ganz kritiklos hingenommen und wird als konklusiv jedem auch viel besser fundierten Argument, das für die Echtheit dieser Erscheinungen spricht, entgegengehalten. Wer selbst einmal Gelegenheit hatte, parapsychologische Erscheinungen zu beobachten und wer dann weiter die Wirkung des eigenen Berichtes der dabei gemachten Erfahrungen auf die Kollegen beobachten konnte, der wird die umfangreiche Literatur über diesen Gegenstand mit anderen Augen ansehen als der im stolzen Bewußtsein der Unfehlbarkeit unserer Schulweisheit lebende Gelehrte. Er wird dann zumindest den Eindruck gewinnen, daß es sich bei einem Teile der in der parapsychologischen Literatur angeführten Phänomene um offene Fragen handelt, die daher die gebührende Aufmerksamkeit der Wissenschaft verdienen.

GRUBER verzichtet darauf, einen Beweis für die Echtheit parapsychologischer Phänomene anzutreten, was auch zu billigen ist. Denn ein solcher Beweis, der ja doch nur in einer kritischen Untersuchung von Versuchsprotokollen nach unbekannten Fehler- und Betrugsmöglichkeiten bestehen könnte, würde für den Leser, der nicht selbst einmal unter eigener Kontrolle solche Phänomene beobachtet hat, kaum überzeugend wirken. In der Tat sind ja die zur Hervorrufung medialer Phänomene erforderlichen Versuchsbedingungen so sehr den Schwankungen der hyperempfindlichen und abnormen Psyche des Versuchsobjektes unterworfen, daß man damit weder ein Vorlesungsexperiment machen kann, noch auf Verlangen mit einem experimentum crucis dienen kann. Wären etwa die sog. telekinetischen Vorgänge so eklatante Erscheinungen, daß ein Medium bei hinreichend guter Beleuchtung Gegenstände in der gegenüberliegenden Zimmerecke durch seinen bloßen Willen auf und ab bewegen könnte, dann wäre das Problem der „Telekinese" nicht mehr eine Frage der Existenz sondern nur eine Frage der Erklärung und Einreihung dieses Phänomens in die übrige Erscheinungswelt. Daß derart handgreifliche Versuche nicht gelingen, wird von vielen als Beweis dafür aufgefaßt, daß alle in der Literatur berichteten telekinetischen Vorgänge eitel Betrug und Taschenspielerei seien. Man darf aber nicht vergessen, daß ein Stückchen Uran sich auch nicht vor den Augen des Beobachters glattweg in Blei verwandelt und daß trotzdem heute kein Physiker an der Atomverwandlung zweifelt, während man vor 30 Jahren einen Kandidaten schon beim Abiturium hätte durchfallen lassen, wenn er die Möglichkeit eines solchen Vorganges mit den Grundgesetzen der Chemie für vereinbar gehalten hätte.

Ist ein Forscher einmal durch eigene oder fremde Experimente zu der persönlichen Überzeugung der Echtheit parapsychologischer Phänomene gelangt, so hat er von seinem Standpunkt aus ganz recht, wenn er sich weniger für die Frage des „ob" als für jene des „wie" interessiert. GRUBER legt also nicht so sehr Wert darauf zu beweisen und Ungläubige zu bekehren, sondern gibt einen zusammenfassenden Bericht über die seiner Überzeugung nach als echt erwiesenen Erscheinungen parapsychologischer Natur. In didaktisch richtiger Weise geht er dabei so vor, daß er zunächst die Grenzgebiete erörtert, bei denen es sich um Erscheinungen handelt, die allgemein als wissenschaftlich erwiesene Tatsachen anerkannt werden, obwohl auch sie zum Teil in ganz rätselhaften Einwirkungen psychischer Natur auf physische Vorgänge bestehen. Der von GRUBER angeführte Fall der Pseudo-Schwangerschaft einer Hysterikerin ist ein typisches Beispiel dafür. In den Abschnitt „Grenzgebiete" des Buches fallen die Kapitel über das Unterbewußtsein, die Suggestion, die Automatismen und die Persönlichkeitsspaltung.

Das viel umstrittene Gebiet der eigentlichen Parapsychologie zerfällt dann in die rein psychischen Erscheinungen der Telepathie und des räumlichen und zeitlichen Hellsehens einerseits und in die „parapsycho-

physischen" Phänomene der Telekinese, der Materialisationen und der Spontanphänomene des „Spukes" andererseits. Die telekinetischen Vorgänge, über die ein umfangreiches, von vielen Forschern gesammeltes Beobachtungsmaterial vorliegt, bestehen darin, daß ein im Trancezustand befindliches Medium Gegenstände seiner Umgebung bewegen kann ohne mit ihnen in direkte körperliche Berührung zu kommen. Die Diskussion über die Täuschungsmöglichkeiten bei diesen Vorgängen füllt ganze Bände der diesbezüglichen Literatur und kann im Rahmen dieser Besprechung keinen Platz finden. Es sei bloß erwähnt, daß bei Versuchen im physikalischen Institut der Wiener Universität einerseits ein Fall eklatanten Betruges aufgedeckt worden ist, andererseits aber bei einem zweiten Medium Phänomene beobachtet wurden, bei deren Zustandekommen nach menschlichem Ermessen jeder Schwindel ausgeschlossen war. Ohne die eigenen Versuche für endgültig beweisend zu halten, ist Ref. doch zu der subjektiven Überzeugung gelangt, daß die Frage der Telekinese es verdient, näher nachgeprüft zu werden. (Einen ganz ähnlichen Standpunkt nehmen übrigens auch die Münchener Gelehrten ein, die Gelegenheit hatten Versuchen mit eben demselben Medium beizuwohnen, vgl. hierzu die Bemerkung von WILLSTÄTTER in SCHRENCK-NOTZINGS Buche „Experimente der Fernbewegung".)

Die Materialisationsphänomene wären als eine ganz abnorme Art von Sekretionserscheinungen zu betrachten, bei denen das Sekret, Teleplasma genannt, zunächst in Form von feinen, nebelhaften Gebilden aus dem Körper austritt um später unter Umständen ganz phantastische Gestalten anzunehmen oder die Form eines festen Greiforgans zu erlangen. Es wird vielfach die Ansicht geäußert, daß die telekinetischen Vorgänge durch Vermittlung derartiger teleplastischer Gebilde zustandekommen.

Die Berichte und Überlieferungen über diesen Gegenstand klingen allerdings so absurd und unglaubwürdig, daß man die ablehnende Haltung des Lesers, der zum erstenmale an diese Dinge herantritt, wohl begreifen kann. Andererseits muß man sich bei kühler Überlegung sagen, daß man einen physikalischen Gegenbeweis gegen die Existenz parapsychologischer Phänomene nicht ohne weiteres führen könnte. Wenn jemand behauptet, daß er ein Perpetuum mobile in Betrieb gesehen habe, so kann ihm der Physiker auf den Kopf zusagen, daß er entweder lügt oder sich geirrt hat. Anders ist es, wenn ein Medium etwa behauptet, daß es ohne körperliche Berührung in einem vor ihm stehenden Tische Klopftöne erzeugen könne. Es ist uns zwar derzeit kein Mechanismus bekannt, der eine solche Wirkung übertragen könnte, aber seine Existenz brauchte mit keinem physikalischen Gesetz in Widerspruch zu stehen. CRAWFORD hat beispielsweise bei seinen Experimenten das Medium auf eine registrierende Wage gesetzt und gefunden, daß bei telekinetischen Vorgängen der Impulssatz nicht verletzt wird. Der Physiker, der solche Erscheinungen einmal selbst beobachtet, wird zwar über die Neuartigkeit der Erscheinungen staunen, wird aber durch sie in seinem Glauben an die physikalischen Grundgesetze weniger erschüttert als durch manche jüngere Ergebnisse der Atomphysik.

Die Darstellung GRUBERS wirkt durch ihre objektive Sachlichkeit angenehm; man spürt auf jeder Seite den ehrlichen Forschergeist, auch dort, wo man den berichteten Erscheinungen mit Skepsis gegenübersteht. An manchen Stellen wäre es vielleicht geboten gewesen, nicht nur die Fehler der Skeptiker sondern auch die Irrtümer der Okkultisten heller zu beleuchten, die durch allzu kritikloses Hinnehmen zweifelhafter Tatsachen dem Studium der parapsychologischen Erscheinungen sehr viel geschadet haben. Auf alle Fälle wäre zu wünschen, daß das GRUBERsche Buch dazu beitrage, das Interesse der offiziellen Wissenschaft auf das rätselreiche Grenzgebiet psychischer und physischer Erscheinungen zu lenken. Solange man das Studium dieser Dinge als eines richtigen Gelehrten unwürdig den Dilettanten überläßt, hat man kein Recht über die dabei oft angewendeten recht dilettantischen Methoden zu spotten.

H. THIRRING, Wien.

MAHNKE, DIETRICH, **Leibniz und Goethe.** Die Harmonie ihrer Weltansichten. (Weisheit und Tat. Eine Folge philosophischer Schriften, herausgegeben von ARTHUR HOFFMANN). Erfurt: Kurt Stenger 1924. 82 S. Preis 2,75 Goldmark.

Von dieser Schrift muß zunächst gesagt werden, daß sie in ihrem ersten Teile, und dadurch naturgemäß auch im ganzen, von irrtümlichen Voraussetzungen ausgeht und demzufolge auch auf falscher Grundlage aufgebaut ist. Es soll nämlich in diesem ersten Teile, wie der Verfasser selbst im Vorwort sagt, gezeigt werden, „daß auch GOETHES Weltansicht nicht, wie man oft meint, mit SPINOZAS, des einseitig theoretischen Weisen still resignierender Lehre von der einen mathematisch bestimmten Weltsubstanz, sondern mit LEIBNIZENS, des wahrhaft allseitigen Philosophen, tatbegründender Wissenschaft von den mannigfaltig wirksamen Einzelkräften des harmonisch geordneten Allebens in engster Ideengemeinschaft steht, ja sich geradezu als eine ‚Projektion' des Begriffsgebäudes der Monadenlehre auf die seelische ‚Bildebene' einer anschaulich fühlenden Künstlernatur auffassen läßt."

Von dieser Meinung kann man nur so viel als wahr zugestehen, daß GOETHES Welt- und Lebensanschauung in einem gewissen enger begrenzten Maße auch mit LEIBNIZschen Grundlehren, vor allem mit dessen individualisierender Grundauffassung in der Monadologie, sich in Übereinstimmung befindet und insoweit also GOETHES Spinozismus dadurch etwa modifiziert wird, daher ja auch eben dieser Spinozismus GOETHES, ebenso wie derjenige HERDERS und LESSINGS nach dem Vorbilde KUNO FISCHERS mit Recht auch zuweilen als LEIBNIZscher Pantheismus bezeichnet wird. Aber es handelt sich hier eben nur um eine Modifikation, um nichts mehr, so wie sie ja bei einem denkenden Geiste solcher Größe von vornherein zu erwarten ist, wie sie z. B. auch bei SCHILLERS Kantischer Anschauungsweise nicht fehlt. Aber ebenso wie SCHILLERS Geisteswelt untrennbar verbunden ist mit der Philosophie KANTS, so ist diejenige GOETHES unabtrennbar von der Philosophie SPINOZAS, so ist GOETHE durchaus Spinozist, und er hat sich nicht nur wiederholt in mancherlei Wendungen als solcher bekannt, sondern überall, in seinen Dichtungen wie in seinen Prosaschriften, tritt auch immer wieder die spinozistische Denkart gleichsam als die tiefste Grundmelodie seines geistigen Wesens und Wirkens hervor.

Wenn nun trotz alledem der Verfasser GOETHE durchaus zum Leibnizianer machen will, wenn er von der Harmonie der GOETHEschen und der LEIBNIZschen Weltansicht spricht, die schon allein „aus der inneren Selbstentfaltung ihres wesensgleichen Geistescharakters" verständlich sei, ja wenn er sogar meint, Herder und GOETHE seien auch in dem, was sie SPINOZA zuschreiben, reine Leibnizianer, so erklären sich derartige Auffassungen wohl am meisten aus der einfachen Tatsache, daß die vorliegende Schrift aus vieljährigem Studium der LEIBNIZschen Philosophie herausgewachsen ist, als deren guter Kenner er sich dann auch erweist, während er in bezug auf GOETHES umfassende Geistes-

welt nicht als ebensolcher gelten kann. Zur Würdigung der letzteren trägt denn auch die Schrift kaum etwas Wesentliches bei, selbst da, wo sie nicht direkt irreführend ist. Wohl aber bietet sie mancherlei wertvolle Darlegungen in bezug auf die LEIBNIZsche Lehre, die den Ausgangs- wie den Mittelpunkt der Schrift bildet.

Am deutlichsten zeigt sich dies im zweiten Hauptteil der Schrift „LEIBNIZens wissenschaftlicher Begriff der universellen Individualität." Hier in diesem positiven Kernstück des Ganzen ist, obwohl es auch räumlich die Hälfte der Schrift umfaßt, von GOETHE überhaupt nicht die Rede, so daß in dieser Hinsicht der Gesamttitel „LEIBNIZ und GOETHE" im Grunde einigermaßen irreführend ist. Der Verfasser sagt selbst: „Im ersten Teile dieser „LEIBNIZ-GOETHE-Harmonie" haben wir die gemeinsame Weltanschauung kennen gelernt, die beide auf dem Standpunkte des Erlebens und künstlerischen Schauens gewonnen haben. Im folgenden will ich nun im Gegensatz dazu die zweite, nur LEIBNIZ, nicht GOETHE vertraute Perspektive des gleichen Weltbildes skizzieren: die wissenschaftlich-philosophische Welterkenntnis, die LEIBNIZ sich durch Übergang vom Standpunkt der Intuition auf den der begrifflichen Exaktheit, durch mathematisch-physikalische Formung seines anschaulichen Weltbildes erarbeitet hat." In diesem Sinne sucht denn nun der Verfasser in wertvollen und anregenden Ausführungen näher darzulegen, von welchen Grundgedanken die LEIBNIZsche Anschauungsweise beherrscht wird und dies in stetem Zusammenhang und in engster Beziehung mit den Ergebnissen der modernen Naturwissenschaft bis auf unsere Tage. So zeigt er, wie LEIBNIZ seine Wirklichkeitsanschauung zu wissenschaftlicher Schärfe mit Hilfe des physikalischen Begriffs der „tätigen Kraft" präzisierte, den er in seiner Dynamik mathematisch exakt definiert hat, wie er darunter dasselbe versteht, was wir heute Energie nennen, und wie er so mit umfassendem Weitblick bereits die heutige Energetik vorausnimmt und insbesondere deren erstes Grundgesetz, die Kraft- oder Energieerhaltung, als universellstes aller Naturgesetze erkennt. So hat er auch als erster die Molekularenergie entdeckt und damit die Äquivalenz von Wärme und mechanischer Arbeit. Kurzum „auf diese Weise gelingt es LEIBNIZ, das gesamte Naturgeschehen durch die Energetik in einen einzigen systematischen Zusammenhang zu bringen. Es ist also wohlberechtigt, die Grundeinsicht seiner aktivistischen Weltanschauung, daß die Wirklichkeit ihrem einheitlichen Wesen nach Wirkensfähigkeit oder Arbeitskraft ist, durch den exakten Nachweis der universellen Bedeutung der Energie als naturwissenschaftlich bestätigt anzusehen." In welcher Art der Verfasser dabei die Grundanschauungen von LEIBNIZ mit den Ergebnissen moderner Naturwissenschaft unmittelbar verknüpft, zeigt sich beispielsweise darin, daß er meint, das Wesen der Monaden, so weit es mathematisch-physikalisch faßbar ist, werde am treffendsten durch den modernen Begriff „Energiequanten" ausgedrückt. „Auch LEIBNIZENS Monaden sind ja solche diskreten Energieelemente, deren jedes sich in gleicher Quantität erhält, welchen äußeren Bewegungen und inneren Formveränderungen es auch unterliegen mag." Und im Hinblick auf PLANCKS Quantentheorie bemerkt er dann noch u. a.: „Der einzige wesentliche Unterschied ist, daß LEIBNIZ durch metaphysische oder wenigstens rein theoretisch-physikalische Gedankenschlüsse, PLANCK aber im engen Anschluß an die Erfahrung (nämlich an die experimentell beobachtete Temperaturabhängigkeit der spektralen Energieverteilung) zur Hypothese der Energiequanten gelangt ist und daß PLANCK sie infolgedessen ihrer Größe nach durch physikalische Messungen exakt bestimmen kann, während LEIBNIZ sich darüber unbestimmt ausdrücken muß. Doch LEIBNIZ hat sich ja immer gern der Physik als Brücke zur Metaphysik bedient, er würde sich also, wenn er jetzt lebte, nur freuen, daß er hier noch ein Stück weiter auf dieser festen Brücke weiter schreiten kann, ehe er den großen Sprung ins Meer der Metaphysik wagen muß."

Auf der anderen Seite sind nun freilich die LEIBNIZschen Monaden eben nicht bloß quantitativ bestimmt, sondern auch qualitativ, auch in rein geistigem Sinne, individuell bestimmt und differenziert. Hierin liegt allerdings, das muß man dem Verfasser zugestehen, der ganz besondere Einklang und die Harmonie von LEIBNIZ und GOETHE. Und in diesem Sinne darf man auch den Zukunftshoffnungen beistimmen, denen er mit den Worten Ausdruck gibt: „LEIBNIZens Monadenlehre vereinigt demnach mit dem objektivistischen Universalismus doch bereits einen qualitativen Pluralismus und subjektivistischen Individualismus. Sie bereitet damit schon die große Synthese vor, die dem Geiste der Gegenwart als seine höchste Aufgabe gestellt ist: die Überbrückung der tiefen Kluft zwischen den universal-gesetzlich erklärenden Naturwissenschaften — den nomothetischen und idiographischen Wissenschaften, wie WINDELBAND sagt — und den geschichtlichen. individuell beschreibenden Geisteswissenschaften und damit zugleich die Überwindung des klaffenden Weltanschauungsgegensatzes zwischen der rationalen Geltungsphilosophie und der irrationalen Lebens- und Erlebnisphilosophie." M. KRONENBERG, Berlin.

NIPPOLDT, ALFRED, **Anleitung zu wissenschaftlichem Denken.** 5. Aufl. Potsdam und Leipzig: Bonness & Hachfeld 1926. 222 S. Preis 3,50 Goldmark.

Das Buch ist zum Selbstunterricht für Volkshochschüler bestimmt, seine Sprache ist klar und verständlich, doch werden in der Entwicklung vom Einfachsten zu schwierigeren Fragen Anforderungen an die Mitarbeit des Lesers gestellt, die der Gefahr oberflächlichen Anlernens von Schlagworten entgegenarbeiten. Verfasser geht von der Beobachtung der Außenwelt und den unmittelbaren und mittelbaren Hilfsmitteln zum Erkennen der physikalischen Vorgänge aus, bespricht die Ableitung der Theorie und der Naturgesetze unter Zuhilfenahme der Mathematik und behandelt schließlich Fragen der Erkenntnistheorie und der Psychologie. Jedem Abschnitt ist eine Zusammenfassung des Besprochenen in kurzen Sätzen angefügt. Ernsten nachdenklichen Lesern wird das Buch manchen Aufschluß und bei aufmerksamem Folgen Aufklärung und Förderung geben. A. GOTTSTEIN, Berlin.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Bemerkungen über den Zeemaneffekt und die Struktur des Bogenspektrums von Ruthenium.

In einer soeben erschienenen Note[1]) haben W. F. MEGGERS und O. LAPORTE auf Grund des Auftretens von Absorption im Licht des „Unterwasserfunkens" vorläufige Mitteilungen über Gesetzmäßigkeiten im Bogenspektrum des Rutheniums gemacht und geben als Multiplettbeispiel eine Kombination des Grundterms, der als „verkehrter" Quintett D-Term gedeutet wird. Gleich-

[1]) W. F. MEGGERS und O. LAPORTE, Science vom 19. Juni 1925, S. 635.

zeitig und unabhängig von den Verfassern habe ich mich mit demselben Spektrum beschäftigt und war bereits zu Resultaten gelangt, als ich von der in dieser Note[1]) erwähnten Verabredung zwischen dem Institut für theoretische Physik in München und dem Bureau of Standards in Washington bezüglich der Bearbeitung der Spektren von Ru, Rh und Pd von Prof. SOMMERFELD anläßlich einer mündlichen Besprechung erfuhr. Um nun auch meinerseits unnütze Doppelarbeit tunlichst zu vermeiden, habe ich mich daraufhin vorwiegend mit dem Studium der Zeemaneffekte des Spektrums befaßt und bin bei der quantentheoretischen Deutung derselben mit den von LANDÉ[2]) entwickelten Methoden zu Ergebnissen gelangt, welche mit den Resultaten von MEGGERS und LAPORTE zum Teil *nicht* übereinstimmen. ***In dieser vorläufigen Mitteilung wird gezeigt, wie mit Hilfe von Zeemaneffektbeobachtungen das Quintettsystem des Ru-Spektrums sichergestellt und als Grundterm ein „verkehrter" Quintett F-Term ermittelt wird.***

Zur Untersuchung wurden Messungen des feldfreien Spektrums von H. KAYSER[3]) und W. F. MEGGERS[4]) benutzt. KAYSER mißt im ultravioletten und sichtbaren Spektralgebiet von λ 2335 bis 5887, MEGGERS im ultraroten Teil von λ 4498 bis 8868. Insgesamt sind von λ 2335 bis 8868 mehr als 3000 Linien beobachtet. F. EXNER und E. HASCHEK[5]) geben eine Reihe von Linien (besonders im Gebiet der Cyanbanden), welche KAYSER nicht hat. Diese wurden zur Untersuchung mit herangezogen.

Die Zeemaneffektmessungen wurden mit der großen Gitteraufstellung des hiesigen Instituts ausgeführt (ortsfester Spalt, ROWLANDsches Konkavgitter von 6 m Krümmungsradius, Plattenhalter). Nach dem Vorgange von BACK[6]) benutzte ich als *Lichtquelle* den Vakuumbogen mit Abreißzündung. Die Abreißkathode bestand aus Wolframmetall[7]). Die Anode, ebenfalls aus Wolfram, hatte an ihrem Ende eine Vertiefung, in welche Rutheniumschwamm im elektrischen Lichtbogen eingeschmolzen wurde. Das *Magnetfeld* lieferte ein wassergekühlter DUBOISscher Halbringmagnet großen Formates der Firma Hartmann und Braun, welcher bei einem Interferrikum von 4 mm bei Dauerbelastung maximal ein Feld von 35 000 Gauß gibt. Dem Ru-Schwamm wurden einige Zinkspäne beigemischt und aus den Zinklinienaufspaltungen (Grundglied II. N. S.: λ 4810, 4722, 4680) das Magnetfeld zu 30 700 Gauß bestimmt mit einem Fehler von $^1/_2$%. Die Belichtungszeit betrug 2 Stunden. Da sich die Intensität der Lichtquelle auf sehr viele Linien verteilt, erschienen in 2. Gitterordnung nur die Linien größerer Intensität.

Um Aufschluß über den Normalzustand des Rutheniums zu erhalten, wurden, da keine Absorptionsbeobachtungen und KINGsche Ofenmessungen zur Verfügung standen, die im feldfreien Bogen „selbstumgekehrten" (reversed) Linien zum Ausgangspunkt der Untersuchung gewählt. Eine vorläufige Zusammenfassung der Linien zu Liniengruppen mit konstanten Wellenzahldifferenzen, wozu E. PAULSON[8]) eine mühsame Vorarbeit geleistet hat, ergab, daß alle „selbstumgekehrten" Linien als Endzustand der Emission die *gleichen* Kombinationsniveaus hatten (nämlich den im folgenden als Grundterm bezeichneten Quintett F-Term). Daraus wurde geschlossen, daß diese Niveaus die tiefsten Terme des Spektrums seien. In der Tat ließen sich die Liniengruppen nach Violett hin nicht erweitern.

Die tiefsten Niveaus haben die Aufspaltung (in cm^{-1}) 1191, 901, 621. Da sich die Zahlen fast genau wie 4 : 3 : 2 verhalten, wurde in Übereinstimmung mit MEGGERS und LAPORTE zunächst vermutet, daß der Grundterm in Analogie zum Eisenspektrum ein Quintett D-Term sei. Jedenfalls stand die Zugehörigkeit dieser 4 Terme mit obigen 3 Aufspaltungen zum *gleichen* Azimutalquantum wegen des gesetzmäßigen Intensitätsverlaufes der Linien von vornherein fest. Das fehlende Niveau wurde im Abstande von 300 cm^{-1} gesucht und bei 392 cm^{-1} gefunden. Weiter gelang es, aus der großen Zahl der Linien ein erstes Multiplett zu analysieren, in welchem dieser Mehrfachterm kombiniert. Es hat folgenden Bau:

	1		2		3		4		5		
	3760.178 (4)		3705,506 (2)								
	26587,97	*392,32*	26980,29								1
	266,16		*266,25*								
	3798,205 (1)		3742,435 (5)		3657,315 (2)						
	26321,81	*392,23*	26714,04	*621,74*	27335,78						2
			536,78		*536,91*						
			3819,184 (2)		3730,587 (7)		3609,241 (2)				
			26177,26	*621,61*	26798,87	*901,04*	27699,91				3
F					*875,21*		*875,81*				
					3856,54 (3)		3727,077 (4r)		3568,62 (1)		
					25923,66	*900,44*	26824,10	*1191,11*	28015,21		4
							1198,45		*1198,95*		
							3901,393 (4)		3728.170 (5r)		
							25625,65	*1190,61*	26816,26		5

[1]) W. F. MEGGERS und O. LAPORTE, Science vom 19. Juni 1925, S. 635.

[2]) A. LANDÉ, Zeitschr. f. Phys. **16**, 81. 1923.

[3]) H. KAYSER, Abh. d. Berl. Akad. 1897.

[4]) W. F. MEGGERS, Sc. Pap. Bur. of Stand. Nr. 499. 1925.

[5]) F. EXNER und E. HASCHEK, Die Spektren der Elemente bei normalem Druck. Leipzig: Deutike 1911.

[6]) E. BACK, Ann. d. Phys. **70**, 333. 1923; Zeitschr. f. Phys. **15**, 206. 1923; E. BACK und A. LANDÉ, „Zeemaneffekt und Multiplettstruktur der Spektrallinien". Berlin: J. Springer 1925. Herrn E. BACK bin ich zu Dank verpflichtet, da er mich auf meinen Wunsch hin 8 Tage an das Tübinger Institut einlud, mich in die Praxis der Zeemaneffektmessungen einführte und mir dabei wertvolle Ratschläge gab.

[7]) Die Osram G. m. b. H. hatte die Freundlichkeit, die Elektroden genau nach Muster anzufertigen, wofür auch an dieser Stelle gedankt sei.

[8]) E. PAULSON, Phys. Zeitschr. **16**, 81. 1915.

Wellenlängen und Intensitäten nach KAYSER; λ 3856,54 und λ 3568,62 sind der Meßreihe von EXNER und HASCHEK entnommen. λ_{Rel}; $v_{aus\ int.}$ „r" bedeutet „selbstumgekehrt". KAYSER bemerkt zu seinen Intensitätsangaben: „Die umgekehrten Linien lassen sich überhaupt nicht mit den anderen vergleichen, so habe ich diese in einer besonderen Skala von 3—10 geschätzt."

Intervallregel { für F beobachtet . 5,6 : 4 : 2,8 : 1,8; theor. . . . 5 : 4 : 3 : 2; für $\overline{F}$ beobachtet . 5,8 : 4 : 2,5 : 1,2

Das Multiplett ist eine Kombination zweier *gleichartiger* Terme. Nach obiger Vermutung, daß es sich um eine Kombination D D handle, war es auffallend, daß die Linie λ 3760,178 auftrat (wegen des Übergangsverbotes o → o). Immerhin hätte es sich um einen Zufall handeln können, indem eine Linie anderer Termzugehörigkeit gerade an dieser Stelle des Spektrums hätte liegen können. Um diese Frage zu prüfen, wurde nach weiteren Übergängen o → o (in dieser *vorläufigen* Normierung der inneren Quantenzahlen j) gesucht. Nach Auffindung von mehreren stark kombinierenden Niveaus mit „$j = o$" traten in der Tat zahlreiche Linien der Übergänge „o → o" auf. Damit war gezeigt, daß die Normierung der inneren Quantenzahlen noch nicht richtig war und alle j um *mindestens eine* Einheit erhöht werden müßten, um mit dem Übergangsverbot o → o in Einklang zu bleiben. Insbesondere war damit die Zugehörigkeit der Linie λ 3760,178 zu dem Multiplett erwiesen.

Daß die Erhöhung der j um Eins hinreichend ist, ergab sich eindeutig aus dem Zeemaneffekt. Von den Linien des Multipletts wurden die Aufspaltungen von λ 3728,170, 3727,077, 3730,587, 3742,435 in 1. und 2. Ordnung gemessen. Die Effekte der übrigen Linien waren zum Teil wegen Überlagerungen nicht meßbar, zum Teil wegen geringer Intensität nicht sichtbar. Die Meßresultate, in Bruchteilen der normalen Aufspaltung angegeben, sind:

λ	Zeemaneffekt	π	σ	Kombinat.
3728,170	beobachtet	(o)	1,38	$F_2 F_3$
	berechnet	(o)	1,40	
3727,077	beobachtet	(o)	1,35	$F_4 F_4$
	berechnet	(o)	1,35	
3730,587	beobachtet	(o)	1,24	$F_3 F_3$
	berechnet	(o)	1,25	
3742,435	beobachtet	(o)	1,07	$F_2 F_2$
	berechnet	(o)	1,00	

Während die Kombination $D\,\overline{D}$ Tripletts mit den Aufspaltungen (o) 1,50 ergeben müßte, folgen die beobachteten Effekte ersichtlich den für die Kombination $F\,\overline{F}$ nach LANDÉ berechneten Aufspaltungen.

Um die Deutung des Grundterms als Quintett F-Term zu stützen, sei noch das in 2. Ordnung gut zu messende Aufspaltungsbild der Linie λ 3589,370 angegeben. Die Linie ist folgendermaßen eingeordnet:

G_2

3589,370	(5)		
27853,29		1	
392,26			
3539,518	(4)		
28245,55		2	
621,73			
3463,289	(3)		F
28867,28		3	
		4	
		5	

λ	Zeemaneffekt					Kombinat.
3589,370	beobacht. (o)	(0,36)	o	0,35	0,71	$F_1 G_2$
	berechnet (o)	(0,33)	o	0,33	0,67	

Die Aufspaltungen des Grundterms kehren in dieser Liniengruppe wieder und der Zeemaneffekt ergibt die Kombination $F\,G_2$ in Übereinstimmung mit der Erwartung. (Bei der Auffassung der Linie λ 3589,370 als Kombination $D_5 F_1$ müßte sie den Effekt (o) o haben.)

Der Grundterm des Spektrums ist also ein „verkehrter" Quintett F-Term.

Mithin beträgt das magnetische Moment ($\mu = g \cdot j$) des Rutheniumatoms im Normalzustande 7 *Bohrsche Magnetonen*.

Herrn stud. R. GÜLKE danke ich für seine freundliche Unterstützung.

Göttingen, II. Physikalisches Institut,
im August 1925.

L. A. SOMMER.

Biologische Mitteilungen.

Der Blütenbesuch der Abendschwärmer. Über die KNOLLschen Untersuchungen der ökologischen Beziehungen zwischen Insekten und Blumen ist in dieser Zeitschrift bereits mehrfach berichtet worden[1]). In seiner letzten Arbeit über „Lichtsinn und Blütenbesuch des Falters von Deilephila livornica" (Zeitschr. f. vergl. Physiol. 2, H. 4. 1925) wendet er nun die von ihm ausgearbeiteten experimentellen Methoden zur Analyse der Sinnesphysiologie der Insekten auf einen *Abendschwärmer* an. Die verschiedenen Faktoren, welche für eine Anlockung der Falter durch typische Abendschwärmerblumen wie Lonicera oder Nicotiana in Betracht kommen, werden getrennt und einzeln untersucht.

Die ältere Blütenökologie rechnete teils mit einer chemischen Anlockung durch den Duft, teils mit einer optischen Wirkung der Blüten auf die Abendschwärmer. Vielfach wurde auch angenommen, daß beide Faktoren gleichzeitig wirksam seien. Dagegen konnte KNOLL bei seinen Versuchstieren niemals eine Wirkung des Duftes nachweisen. Zunächst vermochten die Tiere das nachweislich auch für sie duftlose Zuckerwasser, das zur Fütterung verwandt wurde, auch auf gleichfalls duftlosen Papierblüten aufzufinden, und zeigten dadurch, daß ihnen eine reine optische Orientierung zur Nahrungsquelle zum mindesten möglich ist. Weiterhin konnte KNOLL durch eine Anzahl verschiedener Versuche beweisen, daß, wenn optische und Geruchsreize gleichzeitig geboten werden, die ersteren den Ausschlag geben. Er bediente sich hierbei zunächst der erstmalig für Bombylius ersonnenen „Glasröhrchenmethode": die duftenden Blüten der Futterpflanze wurden so tief in ein Glasröhrchen eingefüllt, daß sie

[1]) 11. Jg., S. 696, 742. 1923; s. auch F. KNOLL: Gibt es eine Farbendressur der Insekten? Naturwissenschaften 1919, S. 425 und Blütenökologie und Sinnesphysiologie der Insekten. Ebenda 1924, S. 988.

noch einige Zentimeter von dem oberen Rande des Glases entfernt waren. Frisch geschlüpfte Tiere, die noch keine Nahrung zu sich genommen hatten, zeigten nun durch ihr Verhalten gegenüber dieser Anordnung eindeutig, daß schon der erste Nahrungsflug des Linienschwärmers rein optisch orientiert ist, indem die Falter die Glasröhrchen unmittelbar in Höhe der Blüten beflogen, ihre obere Öffnung dagegen, der der starke Duft entströmte, gar nicht beachteten. Bei Anwendung der „Rüsselspurmethode" zeigte sich das gleiche für die Nahrungsflüge solcher Tiere, welche gleichzeitig aus Blüten von Lonicera oder Nicotiana gefüttert wurden. Hierbei wurden zwischen solchen mit Zuckerwasser gefüllten Futterblüten einzelne zwischen zwei Glasplatten eingeklemmte Blüten derselben Pflanzenart dargeboten. Die nahrungsuchenden Falter flogen saugend im Flugkäfig von einem Blütenstrauß zum anderen und besuchten von Zeit zu Zeit auch die hinter Glas verdeckten Blüten, wobei sie die Glasplatte unmittelbar vor dem breitesten Teil der Blüte mit ihrem Rüssel betrommelten. Da sie aus den benachbarten frei zugänglichen Blüten stets etwas Zuckerwasser am Rüssel mitführten, hinterließen sie bei diesen Besuchen auf der Glasplatte nachträglich deutlich sichtbar zu machende „Rüsselspuren", welche niemals in der Randgegend der Glasplatte, wo der Duft austreten konnte, sondern immer nur über den Blüten selber zu finden waren. Endlich beachteten Falter, bei denen durch wiederholte Fütterung auf künstlichen gelben Blüten eine optische Bindung an Gelb hergestellt war, die dicht dabei stehenden stark duftenden weißen Nicotianablüten nicht eher, als bis durch wiederholte „negative Erfahrungen" an futterlosen gelben Blüten die Bindung an Gelb gelockert war, und durch Fütterung auf Salbeiblüten an Violett gebundene Tiere beflogen bei Darbietung von Muscariblütenständen nur die oberen violettgefärbten, honigfreien Blüten, während die unteren gelben bis braunen Honigblüten wiederum unbeachtet blieben.

Wird auch durch diese Versuche die Möglichkeit einer Duftwahrnehmung durch den Linienschwärmer natürlich nicht ausgeschlossen, so kann sie doch bei der Orientierung seiner Nahrungsflüge keine nennenswerte Rolle spielen. Diese Eigentümlichkeit, welche der Linienschwärmer mit dem Taubenschwanz teilt, darf jedoch nicht für alle Abendschwärmer verallgemeinert werden. Da z. B. bei dem Totenkopfschmetterling eine rein chemische Orientierung zu den honighaltigen Bienenstöcken, welche seine Hauptnahrungsquelle bilden, festzustehen scheint, so ist es sehr wohl möglich, daß bei der Anlockung anderer Abendschwärmer auch der Duft der Schwärmerblüten in hohem Maße beteiligt ist.

Bei ihrer Darstellung der optischen Wirkung der Abendschwärmerblüten hatte die ältere Blütenökologie immer nur mit ihrer großen Helligkeit gerechnet. Daß diese in der Tat ein besonders wirksames Anlockungsmittel darstellt, hat KNOLL mehrfach experimentell bestätigt. Seitdem aber durch die neueren Untersuchungen von v. FRISCH[1]), KÜHN[2]) und KNOLL die v. HESSsche Hypothese von der totalen Farbenblindheit der Insekten für eine Reihe von Formen endgültig widerlegt ist, erschien es geboten, auch die Abendschwärmer auf ihr Farbenunterscheidungsvermögen zu prüfen. Tatsächlich konnte KNOLL mittels der bekannten Grautafelmethode, bei der einzelne farbige Scheibchen zwischen einer größeren Anzahl von Weiß bis Schwarz abgestufter Grautöne geboten werden, zeigen, daß die Tiere blaue und gelbe Scheibchen zwischen den verschiedenen Grautönen herauszufinden vermögen, daß also mindestens diesen beiden Farbqualitäten eine spezifische Wirkung zukommt. Auch ließ sich, wie bereits oben erwähnt, eine optische Bindung seiner Falter einerseits an Gelb, andererseits an die Blau-Violett-Purpurgruppe herstellen. Wurden nun den durch Fütterung auf Salbeiblüten an Violett gebundenen Faltern neben der Futterpflanze Reihen farbiger Papierscheibchen geboten, die nach Art eines zerteilten Spektrums angeordnet waren, so besuchten sie ausschließlich die blaugrünen, blauen, violetten und purpurfarbenen Papiere, während alle anderen unbeachtet blieben. KNOLL betont, daß die abendlichen Futterflüge des Linienschwärmers stets bei einer Helligkeit beginnen, die auch dem Menschen noch eine deutliche Farbenunterscheidung gestattet. Ob bei einer noch geringeren Helligkeit ebenso wie beim Menschen auch für den Falter das Farbenunterscheidungsvermögen verlorengeht und nur noch Helligkeitswirkungen übrig bleiben, ließ sich leider nicht feststellen, da die Tiere ihre Nahrungsflüge aufgeben, sobald die Helligkeit eine bestimmte untere Grenze erreicht hat, um sich positiv phototaktisch den hellsten Stellen des Käfigs zuzuwenden.

Außer den erwähnten Bindungsmöglichkeiten an Gelb und an die Blau-Violett-Purpurgruppe scheint auch eine eigene Bindung an Weiß bzw. maximale Helligkeit vorzukommen. Dieselben drei Bindungsmöglichkeiten hatte KNOLL auch für die Futterflüge des Taubenschwanzes nachgewiesen, doch kam hier noch als vierte eine Bindung an schwarze bzw. sehr dunkle Blüten hinzu, die bei den Abendschwärmern wohl keine Bedeutung hat. Ihr Vorhandensein beim Linienschwärmer wurde daher von KNOLL nicht geprüft. Dabei hat die Unterscheidung zweier verschiedener Gruppen von Bindungsmöglichkeiten einerseits an die Farbe (Gelb und Blau-Violett-Purpur), andererseits an die Helligkeit (hell [weiß] und dunkel [schwarz]), welche KNOLL für seine Schmetterlinge aufstellt, wohl keine prinzipielle Bedeutung, sondern es dürfte sich in allen Fällen um eine Wirkung der *Farbqualität* handeln, wobei Weiß und Schwarz als eigene Farbqualitäten zu gelten haben. Wenigstens hat KÜHN für die Honigbiene festgestellt, daß die auf jede beliebige Helligkeit einer bestimmten Wellenlänge (oder unzerlegten Lichts) dressierten Bienen bei Darbietung derselben Wellenlänge (oder unzerlegten Lichts) in verschiedenen Helligkeiten stets den hellsten Spektralstreifen (oder hellsten Streifen des weißen Dressurlichts) bevorzugten. Eine Dressur auf bestimmte Helligkeiten entsprechend derjenigen auf eine bestimmte Wellenlänge ist hier also nicht möglich; ähnlich wie es nach KNOLLS Versuchen am Taubenschwanz nicht möglich ist, eine Bindung an einen bestimmten Sättigungsgrad herzustellen: der am meisten gesättigte Ton der Futterfarbe wird stets bevorzugt.

Geruchs- und Geschmackssinn bei Fischen. Die begriffliche Unterscheidung verwandter Sinnesgebiete wie Geruchs- und Geschmackssinn kann auf zwei verschiedenen Wegen vorgenommen werden, indem man entweder auf den Unterschied der adäquaten Reize oder aber der perzipierenden Organe das Hauptgewicht legt. Das Reich der Organismen zeigt nun eine zwar meist wenig beachtete, darum aber nicht weniger merkwürdige Eigentümlichkeit: während in der anorganischen Natur die Zahl der gesetzmäßig bedingten

[1]) K. v. FRISCH, Das Problem des tierischen Farbensinnes. Naturwissenschaften 1923, S. 470. — Derselbe, Sinnesphysiologie und „Sprache" der Bienen. Ebenda 1924, S. 981.

[2]) A. KÜHN und R. POHL, Die Dressurfähigkeit der Bienen auf Spektrallinien. Naturwissenschaften 1921, Heft 37. — A. KÜHN, Zum Nachweis des Farbenunterscheidungsvermögens der Bienen. Ebenda 1924, S. 116.

Zustandsformen, wie sie sich in den Krystallsystemen oder den Aggregatzuständen ausspricht, ganz zurücktritt vor der Menge der möglichen Umsetzungen, zeigen die Lebewesen eine morphologische Mannigfaltigkeit, welche ungleich viel größer ist als ihre physiologische. Die vergleichende Physiologie kann daher viel weiter tragende Allgemeinbegriffe aufstellen als die vergleichende Morphologie, die mit der Keimblätterlehre vor dem ganzen Reich der Protisten und selbst mit der Zellenlehre noch vor den nichtzelligen Ciliaten und wahrscheinlich auch vor den Bakterien haltmachen muß, und Funktionen lassen sich auch da noch vergleichen, wo von einem morphologischen Vergleich der Organe nicht mehr die Rede sein kann. Sucht man daher möglichst allgemeine physiologische Begriffe aufzustellen, die sich auch auf systematisch weitgetrennte Tiergruppen noch anwenden lassen, so ist es richtiger, von einer Einbeziehung des perzipierenden Organs in die Definition möglichst abzusehen. Daher sind auch die bisher geläufigsten Unterscheidungen von Geruch und Geschmack, wie FOREL und NAGEL sie aufgestellt haben, ganz auf die Verschiedenheit der adäquaten Reize eingestellt. FOREL definiert Geruch als Chemorezeption „par distance", Geschmack als solche „au contacte", während nach NAGEL der Geruchssinn auf gasförmige, der Geschmackssinn auf flüssige Reizstoffe anspricht.

Bei der Betrachtung kleinerer systematischer Gruppen wird man jedoch eher damit rechnen können, daß Homologie und Analogie Hand in Hand gehen. Für die Wirbeltiere liegt es nahe, von Geruch überall da zu reden, wo die Chemorezeption mittels der Nase, von Geschmack, wo sie durch die Mundhöhle bewerkstelligt wird. Nachdem nun MATTHES am Triton gezeigt hat[1]), daß das Witterungsvermögen dieser Tiere sowohl unter Wasser wie am Land in der Nasenhöhle lokalisiert ist, erscheint es, wie KOEHLER treffend ausgeführt hat, „völlig unmöglich, hier unter Beibehaltung der NAGELschen Ausdrucksweise zu sagen, ein und dasselbe Organ, die Molchnase, rieche und fernschmecke abwechselnd." Dagegen wird die FORELsche Unterscheidung den Verhältnissen bei den Wirbeltieren besser gerecht. Sie verlangt aber nur quantitative Unterschiede zwischen „Riechstoffen" und „Schmeckstoffen". Der Definition nach müßte im allgemeinen derselbe Stoff, welcher, in starker Verdünnung aus großer Entfernung herandiffundierend, auf die Geruchsorgane einwirkt, bei stärkerer Konzentration auch als Geschmack wirksam werden können und umgekehrt.

Beim Menschen ist das aber bekanntlich durchaus nicht allgemein der Falle: „Riechstoffe" und „Schmeckstoffe" sind sehr weitgehend chemisch verschieden. F. STRIECK hat nun in seinen nach Methode und Resultaten gleich fesselnden *Untersuchungen über den Geruchs- und Geschmackssinn der Ellritze (Phoxinus laevis A.)* (Zeitschr. f. vergl. Physiol. 2. 1924) gezeigt, daß diese Regel auch für den in seiner ganzen Breite im flüssigen Medium wirksamen chemischen Sinn der Fische gilt. Auch hier unterscheiden sich Geruchs- und Geschmackssinn nicht oder jedenfalls nicht nur nach dem Grade der Reizbarkeit der betreffenden Sinneszellen, sondern nach der chemischen Beschaffenheit der adäquaten Reizstoffe.

Daß ein auf geringe Konzentrationen ansprechender, als Fernsinn fungierender chemischer Sinn bei Fischen überhaupt vorhanden und in der Nasenhöhle lokalisiert ist, hatten schon PARKER und seine Schüler, v. UEXKÜLL und andere gezeigt. Indem nun STRIECK die auch von diesen Untersuchern angewandte Ausschaltmethode durch die in neuerer Zeit für die Sinnesphysiologie so überaus fruchtbare Dressurmethode ergänzte, konnte er die Untersuchung des chemischen Sinnes wesentlich weiter führen und besonders auch den bisher fast gänzlich vernachlässigten Geschmackssinn näher studieren. Als Riech- und Schmeckstoffe verwandte er chemisch reine, wohldefinierte Substanzen, und zwar als Geschmacksstoffe die den vier menschlichen Geschmacksqualitäten entsprechenden, meist geruchlosen Stoffe Kochsalz, Traubenzucker, Chinin und Essigsäure, als Geruchsstoffe die nichtschmeckenden Skatol, Cumarin und künstlichen Moschus. Biologisch bedeutsame Substanzen, wie Futterstoffe oder Körpersekrete, wurden vermieden, weil sie zu komplexer Natur sind und — vielleicht deshalb — meist gleichzeitig riechen und schmecken.

Zur Dressur auf „Süß" wurde beispielsweise ein Fisch tagelang mit Fleischstücken gefüttert, die vorher eine Zeitlang in Zuckerwasser gelegen hatten. Die Tiere lernten bald, wenn sie in die Nähe des Futters kamen, danach zu suchen und es dann anzunehmen. Da naturgemäß bei dieser Methode die Geschmackswirkung des Fleischsaftes nicht ausgeschlossen war, konnte sich nur die Assoziation: „Süß und Fleischgeschmack-Futter" bilden. Beim Bieten des Gegengeschmacks mußte das berücksichtigt werden, um zu gewährleisten, daß die Reaktion nicht allein auf den Fleischgeschmack hin erfolgte. Es wurden daher ungenießbare Wattebäusche mit Fleischsaft und Kochsalz, Fleischsaft und Chinin usw. geboten, die anfangs ebenfalls angenommen wurden, mit fortschreitender Dressur aber unberücksichtigt blieben, da sich die Assoziation: „Fleischsaft und Kochsalz usw. — kein Futter" bildete. Die reaktionsauslösende Wirkung des Fleischsaftes verschwand also mehr und mehr zugunsten der Dressurwirkung der reinen Schmeckstoffe. War die Dressur auf „Süß" in dieser Weise gelungen, so wurde zur Kontrolle ein Wattebausch mit Fleischsaft und Zucker geboten: er wurde sofort angenommen, während unmittelbar vorher oder nachher die Wattebäusche mit den verschiedenen Gegengeschmäcken unbeachtet blieben. Die Dressur gelang einwandfrei auf alle vier Geschmacksqualitäten, obgleich die „Chininfische" nur ungern fraßen und stark abmagerten. Zur Ausschaltung des Gesichtssinnes waren alle Versuchstiere vorher geblendet worden. Wichtig ist nun, daß die Dressur bei Tieren, deren Vorderhirn entfernt war, ebensogut wie bei den Tieren mit Vorderhirn gelang. Die Sinnesorgane der Nasenhöhle sind also bei der Perzeption und Unterscheidung der auch für den Menschen Schmeckstoffe darstellenden Substanzen nicht notwendig und, da auch keine Beeinträchtigung der Dressierbarkeit bemerkbar war, wahrscheinlich überhaupt nicht beteiligt.

Die Dressur auf Riechstoffe wurde in genau der gleichen Weise mit Fleisch bzw. Fleischsaft und wässerigen Lösungen der betreffenden Substanzen durchgeführt und gelang ebenfalls bei nur geblendeten Tieren vorzüglich, dagegen versagten alle Versuche, die ihres Vorderhirns beraubten Tiere auf Geruchsstoffe zu dressieren. Die Sinnesorgane der Nasenhöhle sind also zur Perzeption und Unterscheidung der für den Menschen Riechstoffe darstellenden Substanzen unentbehrlich und können durch die der Mundhöhle nicht vertreten werden. Geruch und Geschmack werden beim Fisch wie beim Menschen von ihrer chemischen Natur nach verschiedenen Substanzen erregt, und die beiden so unterschiedenen Sinnesfunktionen fallen beim Menschen und beim Fisch homologen Organen zu.

K. HENKE.

[1]) Vgl. diese Zeitschr. **12**, 583. 1924; **13**, 372. 1925.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.